

THESIS

MARBURG

1965

Aus der Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten
Marburg a. d. Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. J. Berendes

**Volumenpulsmessungen
nach schwelennahen akustischen Reizen
bei normalhörigen Kindern
vor und nach Verabreichung
von Thioridazin**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

vorgelegt von

Edgar Wandel

aus Steinau/Oder

Marburg 1965

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten
Marburg a. d. Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. J. Berendes

**Volumenpulsmessungen
nach schwelennahen akustischen Reizen
bei normalhörigen Kindern
vor und nach Verabreichung
von Thioridazin**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn

vorgelegt von

Edgar Wandel

aus Steinau/Oder

Marburg 1965

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 2. Dezember 1965
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. O. Braun-Falco

Referent: Doz. Dr. med. G. Kottmeyer

Correferent: Prof. Dr. med. J. Berendes

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

Einleitung und Fragestellung.

A. Besprechung der Literatur.

1. Das Problem der Audiometrie bei Kindern
2. Objektive Hörprüfungsmethoden
3. Der Einfluss von Affekten auf körperliche Funktionen
4. Der Einfluss akustischer Reize auf den Kreislauf
5. Methoden zur Bestimmung von Volumen- und Durchblutungsänderungen
 - a) Thermische Methoden
 - b) Plethysmographische Methoden
 - c) Volumenpulsschreibung
Rheographie
Physikalische Darstellung der Rheographie
6. Allgemeine Beobachtungen bei Volumenpulskurven

B. Experimenteller Teil.

1. Entwicklung der Elektrodenmanschette
2. Der Versuchsaufbau
3. Die Versuchsbedingungen
4. Der Versuchsablauf

C. Pharmakologischer Teil.

1. Chemie und Pharmakologie der Phenothiazine
2. Chemie und Pharmakologie des Thioridazin

D. Ergebnisse.

1. Versuchsergebnisse in Tabellen
2. Besprechung der Versuchsergebnisse

E. Zusammenfassung

F. Literaturverzeichnis

Einleitung und Fragestellung

Als Mediziner ist man oft geneigt, sich mit einer Diagnosestellung zufrieden zu geben. Der Arzt jedoch sucht nach Möglichkeit den Patienten zu heilen oder ihm wenigstens zu helfen und seinen Krankheitszustand zu bessern.

So standen anatomische und pathologische Probleme in der Otologie lange Zeit mehr im Vordergrund, während die Verbesserung der Hörfunktion vernachlässigt wurde. Man musste sich mit der Diagnose "Taubheit" oder "Schwerhörigkeit" begnügen. Damit ist einem Kind jedoch nicht geholfen; denn der Hörsinn ist für die geistige und seelische Entwicklung des Kindes von entscheidender Bedeutung.

Erst die letzten 20 Jahre brachten durch die Entwicklung neuer, spezifischerer Untersuchungsmethoden und Hörapparate einen Fortschritt. Man suchte die Störungen der Hörfunktion genauer zu erfassen, um daraus die Möglichkeit, das Hören durch Hörgeräte zu verbessern, mehr ausnutzen zu können. Manchem hörgestörten Kind konnte so ein schweres Schicksal erspart werden.

Notwendig war jedoch, den Hördefekt und eventuelle Hörreste eines Kindes frühzeitig zu erkennen. Dazu sind die subjektiven Hörprüfungsmethoden, die die Mithilfe des Patienten voraussetzen, nicht immer geeignet. Deshalb wurden zahlreiche objektive Höruntersuchungsmethoden entwickelt, darunter auch plethysmographische Methoden (KOTTMEYER). Volumenpuls-messungen sind bisher am kindlichen Finger kaum ausgeführt worden. Die Rheographie stellt eine Möglichkeit dar, diese Untersuchungen vorzunehmen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollte die Wirkung von Thioridazin auf die Volumenpulskurve bei 4 - 12-jährigen Kindern nach akustischen Reizen untersucht werden.

A. Besprechung der Literatur.

1. Das Problem der Audiometrie bei Kindern.

Schon ein soziologischer Vergleich zwischen Hörgestörten und Blinden zeigt, wie wichtig dieses Problem ist. Es ist zwar eine weit verbreitete Ansicht unter Laien, dass der Verlust des Sehens viel schwerer wiegt als der Verlust des Hörsinns. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass Blinde wertvolle geistige Leistungen und Berufe erlernen können, was Hörgestörten meist nicht möglich ist. Ursache dafür ist, dass die geistige und seelische Entwicklung hörgestörter Kinder mehr behindert wird und der zwischenmenschliche Kontakt mehr gestört ist als bei Blinden. Diese Unterlegenheit tauber Menschen führt zu einer Isolierung, zu einem fast völligen Ausschluss aus der Gemeinschaft. Dies beweist schon die Existenz von Taubstummenanstalten.

Zu dem Hörverlust gesellt sich beim Kind noch die Stummheit, da es unmöglich ist, das Sprechen zu erlernen, oder die Sprache wieder verloren geht, wenn die Hörfunktion fehlt oder weitgehend verringert ist. Schon bei einem Hörverlust von mehr als 60 bis 70 dB nimmt das Kind keine oder nur wenig Höreindrücke wahr. Die Lauschfähigkeit wird nicht erworben. Ebenso können eigene Lautäußerungen nicht kontrolliert werden; denn das Kind spricht, weil es hört, und es spricht so, wie es hört (BECKMANN). Die Stummheit aber behindert die Kommunikationsfähigkeit und führt zu einer Isolierung des taubstummen Kindes. Der Kontaktmangel führt zu einer Egozentrität und einer Neigung zur Überkompensation. Aussen- und Innenwelt bleiben ärmer. Die geistige und seelische Entwicklung verläuft anders. Untersuchungen von SNIJDERS mit sprachfreien Tests ergaben, dass taubstumme Kinder in ihrer praktischen Intelligenz gleiches leisten wie hörende Kinder, bei der Erfassung von abstrakten Begriffen und logischen Denkvorgängen aber zurückbleiben.

Wie kann man diesen unglücklichen Kindern nun helfen? Während es vor Jahrhunderten sogar verboten war, solchen Menschen zu helfen, konnten auch die Taubstummenanstalten nur bedingt helfen, weil sie gleichzeitig einen völligen Abschluss von der Gemeinschaft bedeuteten. Auch die Zeichensprache verstärkte die Isolierung; deshalb wird heute die orale Methode vorgezogen. Um aber hörgestörten Kindern entscheidend helfen zu können, musste ihre restliche Hörfunktion so ausgenutzt werden, dass sie eine Sprache erlernen können. Erst mit der Entwicklung von Verstärkerapparaten konnte dies erreicht werden. Die Hörschwelle liess sich anheben, ein Restgehör besser ausnutzen. Damit die Anwendung von Hörgeräten dem hörgestörten Kind sinnvoll zugute kommt, entstand ein neues Arbeitsgebiet, die P ä d o a u d i o l o g i e, in der Otoaudiologen, Hörpädagogen und Techniker zusammenarbeiten.

Voraussetzung für jede sinnvolle Anwendung von Hörgeräten ist jedoch, in einer Höruntersuchung den genauen Hördefekt festzustellen in Grösse, Gleichmässigkeit (z.B. Hochtonverlust) und Diskriminationsfähigkeit (Unterscheidung von Klängen). Einer Höruntersuchung muss selbstverständlich eine Erhebung der Anamnese und des allgemeinen Verhaltens und eine Untersuchung der organischen Befunde vorausgehen.

Bei Schulkindern kommt man mit den üblichen Flüstertests und tonaudiometrischen Tests zu brauchbaren Ergebnissen. Sprachaudiometrische Tests kann man anschliessen. Bei geringgradig Schwerhörigen wird jedoch oft gar kein Verdacht auf eine Schwerhörigkeit erhoben und auch keine audiologische Untersuchung durchgeführt, sondern von Laien "Fehldiagnosen", wie mangelnde Aufmerksamkeit in der Schule u.ä., gestellt. Deshalb muss man feste Routineuntersuchungen (Schulaudiometrie) fordern, wie sie in anderen Ländern schon in grösserem Umfang üblich sind. Die übliche Audiometrie ist zwar am genauesten, jedoch für Reihenuntersuchungen zu aufwendig. Neben den

gruppenaudiometrischen Verfahren (gleichzeitige Übertragung von Testtönen an 25 bis 40 Kinder) scheinen sich die Sweep-check-Aussonderungsverfahren besser durchzusetzen. In Marburg/Lahn wird seit 1958 die Schulaudiometrie mit einem Dreifrequenzaudiometer als Routinemassnahme durchgeführt (BECKMANN).

Während man bei Schulkindern mit einer einigermaßen zuverlässigen Mitarbeit rechnen kann, ist dies bei kleineren Kindern weniger oder gar nicht der Fall. Auch bei den Abwandlungen der ton- und sprachaudiometrischen Tests, der Spiel- und der Schaukasten -Audiometrie, ist eine entsprechende Mithilfe, Intelligenz und Konzentration des Kindes notwendig. Sie gelingen erst nach einem gewissen Training und führen erst nach mehreren Wiederholungen zu reproduzierbaren Ergebnissen, da bei den ersten Prüfungen scheinbar ungünstigere Hörschwellen vorgetäuscht werden. Nachteilig ist auch die schnelle Ermüdbarkeit durch den Test. Aus all diesen Gründen zieht sich eine solche Hörprüfung oft über Tage hin.

Die Diagnose Taubheit oder Schwerhörigkeit mit eventuellen Hörresten sollte jedoch schon frühzeitig gestellt werden, um eine Therapie mit Hörgeräten und Hörübungsbehandlungen möglichst frühzeitig einleiten zu können. Deshalb hat man nach Hörprüfungsmethoden gesucht, bei denen auf eine Mithilfe durch den Patienten verzichtet werden kann. Diese fasst man als objektive Hörprüfungsmethoden zusammen.

2. Objektive Hörprüfungsmethoden.

Wie alle Hörprüfungsverfahren beruhen auch sie auf der Beobachtung von Reaktionen des Kindes auf äussere akustische Reize. Bei den objektiven Hörtests werden Reflexphänomene registriert, die durch akustische Reize ausgelöst werden; man spricht deshalb auch von reflexaudiometrischen Methoden. Sie geben aber nicht die Reizbeantwortung des nervösen Hörapparates wieder, so dass man sie eigentlich nicht als objektiv bezeichnen dürfte.

Schon die grosse Zahl objektiver Höruntersuchungsmethoden deutet darauf hin, dass all diese Tests nicht voll befriedigen. Eine Reihe von ihnen zeigen nur ein grobes Ergebnis, da sie keinen genauen Anhalt über die Hörschwelle und die frequenzmässige Ausdehnung des Restgehörs bringen. Sie sagen nur darüber etwas aus, ob das untersuchte Kind gut, schlecht oder gar nichts hört. I.R. u. A.W.G. EWING glauben deshalb auf diese Höruntersuchungen verzichten zu können und wollen nur **S c r e e n i n g t e s t e** ausführen. Dabei wird geprüft, ob sich das Kind nach einer Geräuschquelle - möglichst hoch- und auch tieffrequente Geräusche - umsieht. Diese Aussonderungstests (dieser deutsche Ausdruck für Screening-Test wurde von BECKMANN vorgeschlagen) sind ab dem 9. Lebensmonat anwendbar, nicht jedoch bei Neugeborenen und Säuglingen, bei denen nur reflexaudiometrische Verfahren angewandt werden können. Erst im späteren Kindesalter, wenn audiometrische Untersuchungen ausgeführt werden können, wird die Hörschwelle genau bestimmt.

Das Ziel aller solcher Höruntersuchungen ist, möglichst jeden Hörrest auszunutzen. Einen gewissen Fortschritt bringen die Tests, die zu einer frequenzmässigen Differenzierung führen.

Einige der objektiven Höruntersuchungen sollen nun angeführt werden.

1.) Der MORO- oder Schreckreflex.

Auf starke Hörreize reagiert der Säugling mit einer ruckartigen Körperextension und einer darauf folgenden Umklammerungsbewegung der Arme.

2.) Der cochleopupilläre Reflex (akustischer Pupillenreflex).

Nach einem akustischen Reiz folgt einer anfänglichen Bremsung des normalen Pupillenspieles eine Verengerung mit nachfolgender flüchtiger Erweiterung der Pupille. Nach den Erfahrungen von KOTTMEYER bringt eine exakte Registrierung zuviele methodische Schwierigkeiten, da sie viel zu kompliziert ist. Eine einfache Beobachtung der Pupille auch bei gleichbleibendem Lichteinfall ist zu ungenau auch wegen der schwierigen Abgrenzung gegenüber dem normalen Pupillenspiel.

3.) Der aureopalpebrale Reflex (akustischer Lidreflex).

Da er gut zu beobachten ist, hat er eine grössere Bedeutung erlangt. Bei Ablauf des Reflexes werden geöffnete Augen in einem schnellen Lidschluss geschlossen, bei geschlossenen Augen kommt es zu einem Zusammenpressen der Lider.

Der Reflex lässt sich schon kurz nach der Geburt auslösen.

Vom 6. Lebensmonat ab versucht der Säugling die Schallquelle zu fixieren. Auch nicht auslösen lässt sich der Reflex, wenn der Säugling mit etwas anderem beschäftigt ist.

WEDENBERG versuchte das Ergebnis des aureopalpebralen Reflexes

(APR) mit Audiometer-Sinustönen frequenzmässig zu differenzieren. Es waren Intensitäten von 100 bis 115 dB notwendig, um den APR auszulösen. Dies gelang bei normalhörenden und in 50 % der Fälle bei schwerhörigen Kindern. Ein positiver Lidreflex spricht also für ein mehr oder weniger gutes Gehör.

Ein negativer Lidreflex ist jedoch nicht beweisend für das Bestehen einer Taubheit, da er auch bei Schwerhörigen in 50 %

der Fälle fehlt. Gelegentlich soll auch bei Tauben ein APR auslösbar sein. Zusätzlich zu dem APR bestimmte WEDENBERG

die We c k s c h w e l l e , ob sie unter oder über 70 bis 75 dB lag. Aus den Ergebnissen des APR und der Weckschwelle

leitete er differentialdiagnostische Hinweise ab. Auch

HAHLBROCK konnte den APR erst bei Intensitäten von 80 bis 110 dB erzeugen, am leichtesten mit Frequenzen von 1 000 und 2 000 Hz.

Bei tauben Kindern gelang es ihm manchmal, den Lidreflex durch Fühlfrequenzen (128 - 512 Hz) auszulösen. APR und Weckschwelle eignen sich nicht zur genaueren Bestimmung der Hörschwelle und etwaiger Hörreste, da beide sich erst weit überschwellig auslösen lassen.

4.) Der Ohrinnenmuskelreflex.

Dabei handelt es sich um eine reflektorische Anspannung

des M. stapedius und des M. tensor tympani auf Hörreize,

die zu einer Spannungsänderung des Schalleitungsapparates

führt. Darauf beruht die sogenannte I m p e d a n z , der

Reflexion und Adsorption von Schallwellen. Der Ohrinnenmuskelreflex ist erst bei Lautstärken von 60 bis 80 dB auslösbar.

Aus diesem Grunde und wegen notwendiger, komplizierter Apparaturen ist dieser Reflex für Routineuntersuchungen nicht geeignet.

5.) Der cochleolaryngeale Reflex (MUCKScher Stimmbandreflex). Dieser Reflex führt nach akustischen Reizen zu einer Änderung des Stimmbandabstandes und hat nur wissenschaftliches Interesse.

6.) Der PREYERsche Ohrmuschelreflex.

Er ist regelmässig beim Meerschweinchen auslösbar. Beim Menschen wird er nur manchmal beobachtet.

7.) EEG - Veränderungen.

Das Wach-EEG zeigt eine Blockierung der Alpha-Wellen erst bei 60 bis 110 dB -überschwelligen Schallreizen. Im Dämmerzustand soll eine Veränderung schon bei geringer überschwelligen akustischen Reizen auftreten. Bedeutung hat das EEG nur für differentialdiagnostische Zwecke, ob ein Kind wegen einer zentralen Hirnläsion oder wegen einer peripheren Störung nicht hört.

Alle die bisher beschriebenen reflexaudiometrischen Methoden sind für eine genaue Beurteilung der objektiven Hörschwelle und etwaiger Hörreste ungeeignet. Entweder sind sie zu unzuverlässig oder sie lassen sich erst bei Reizintensitäten auslösen, die soweit über der Hörschwelle liegen, dass die objektive Hörschwelle nicht bestimmt werden kann. Ausserdem ist ihre Registrierung meist zu aufwendig, als dass sie für Routineuntersuchungen in Frage kämen.

Bei einigen objektiven Höruntersuchungsmethoden kann jedoch eine Hörschwelle bestimmt werden. Die Auslösung dieser Reflexphänomene gelingt schon mit Reizintensitäten von 0 bis 40 dB.

8.) Der psychogalvanische Hautwiderstandstest (PGHT).

Der psychogalvanische Hautwiderstandstest hat in der Reflexaudiometrie die bisher grösste Bedeutung erlangt. Es war schon am Ende des vergangenen Jahrhunderts bekannt, dass exogene und endogene affektiv wirksame Reize zu einer

Änderung des Hautwiderstandes führen. Alle möglichen Reize taktiler und akustischer Art (auch peinliche Fragen) können sofort eine Schweißsekretion auslösen, wodurch der Hautwiderstand sinkt. Dieser "Reflex" entfällt nach entsprechenden Läsionen der Hirnrinde oder der Nervenbahnen (REIN-SCHNEIDER). Nach GILDEMEISTER sind Änderungen in der Permeabilität der Zellgrenzmembran die Ursache. Änderungen der Durchblutung sollen nicht am Reflexablauf beteiligt sein. ALBRECHT erzielte bei Normalhörenden mit Flüstersprache aus vier Meter Entfernung einen deutlichen Galvanometerausschlag. Als Ursache vermutete er eine Sekretion der Schweißsdrüsen und eine Änderung des Schweißes qualitativer Art, eine Anfüllung der Drüsenkanälchen mit Schweiß und eine Durchfeuchtung der Haut. PEIPER konnte den psychogalvanischen Hautreflex nicht bei Säuglingen auslösen, sondern erst nach dem ersten Lebensjahr, ebenso nicht im Schlaf. Ausserdem fand PEIPER eine Hemmung des PGHT durch Narcotica. Da der psychogalvanische Hautreflex erst bei einer Lautstärke von 50 bis 60 dB auslösbar und auch schnell zu ermüden war, fand er in dieser Art keine Bedeutung für die Reflexaudiometrie.

Dies änderte sich, als BORDLEY und HARDY den Tonreiz mit einem faradischen Hautreiz in Form eines sogenannten bedingten Reflexes (PAWLOW) verbanden. Dadurch wurde die Affektivität des Hörreizes erhöht als ein Warnsignal vor dem faradischen Schmerzreiz. Nach der Reflexbahnung gelang es auch durch schwellennahe Hörreize allein, eine Hautwiderstandsänderung zu erzeugen. Die Intensität der Prüftöne lag je nach Übung und Erfahrung des Untersuchers 0 bis 20 dB über der Hörschwelle. Voraussetzung für die Ausführung des PGHT ist die motorische Ruhe des Kindes. Sie ist bei hörgestörten Kindern, die meist besonders unruhig sind, nur schwer zu erreichen, und dies wird durch die Konditionierung mit faradischen Schmerzreizen noch vermehrt. SCHULZ vermied den gerade für Kinder sehr unangenehmen faradischen Schmerzreiz, indem er den Prüftönen mit einem Lichtreiz verband.

Der PGHT könnte in diesen Ausführungsarten für Kinder-Untersuchungen geeignet sein, da er auch mit schwellenen Hörreizen auslösbar ist und der Mithilfe des Patienten nicht bedarf. Jedoch wird der PGHT um so ungenauer, je jünger die untersuchten Kinder sind, so dass man bei Kleinkindern nur darüber etwas aussagen kann, ob das Kind hört oder nicht. Dies kann aber auch ohne den grossen zeitlichen Aufwand des PGHT mit einfacheren Methoden festgestellt werden.

9.) Die Schlafbeschallung.

Schon früher war von PEIPER eine Veränderung der Atmung (eine verspätete Einatmung) nach Schallreizen beschrieben worden. ROSENAU registrierte die Atmung bei Kindern von anderthalb Lebensmonaten bis zwölf Jahren nach Beschallung mit kurzdauernden Tönen im Schlaf. Die Registrierung erfolgte nur bei ruhiger, gleichmässiger Atmung. Die Reaktion war abhängig vom Zeitpunkt des Tonreizes: Stufenbildung in der Inspiration, plateauförmige Verbreiterung des Gipfels im Wechsel zwischen Inspiration und Expiration oder Verlängerung des Intervalls zwischen zwei Atemreaktionen. Im Gegensatz zur Bestimmung der Weckschwelle, bei der die Atmung eine Rolle spielt, glaubt ROSENAU, dass sie bei der Schlafbeschallung keine Rolle spielt. Wie alle im Schlaf ausgelösten Schallreaktionen treten die Atemreaktionen erst bei Tonintensitäten auf, die 30 bis 60 dB über der Hörschwelle liegen. Deshalb ist der Schlafbeschallungstest wohl nur mit anderen Hörprüfungsmethoden zu verwenden (BECKMANN).

10.) Kreislauftests.

Bevor die Untersuchungsmethoden geschildert werden, die sich den Einfluss des Schalls auf die peripheren Gefässe zu Nutze machen, soll allgemein über den Einfluss von Affekten auf körperliche Funktionen gesprochen werden.

3.) Der Einfluss von Affekten auf körperliche Funktionen.

Es ist eine häufig gebrauchte Redensart, dass man vor Scham und Freude erröten und vor Furcht und Schrecken erblassen kann. Besonders im vorigen Jahrhundert begannen Wissenschaftler sich mit dem Einfluss endogener und exogener Affekte auf den Körper zu beschäftigen. DARWIN hielt die Gemütsbewegungen so stark mit ihren körperlichen Ausdrucksformen verbunden, dass sie kaum bestehen, wenn der Körper passiv bleibt. JAMES u. LANGE meinten, dass die physische Reaktion das eigentliche Wesen des Affektes und nicht seine Folge ist: Das Erröten ist die Scham, und man errötet nicht, weil man sich schämt. LANGE fand nach Freude oder Zorn eine Gefässerweiterung und nach Enttäuschung, Kummer, Schreck oder Verlegenheit eine Gefässverengerung am Arm. In seinem idiometrischen Gesetz sagte JAMES, dass jeder Empfindung eine Reaktion der Körperperipherie folgt. Bei Messungen der Muskelkraft mit einem Dynamometer fand FÉRE, dass die Muskelkraft nach Reizungen der Versuchsperson mit langwelligem Licht stärker zunimmt als nach Reizungen mit kurzwelligem, die Blutfülle im Unterarm nach Reizung mit rotem Licht grösser ist als bei violettem Licht. Auch Reaktionen nach Tonreizungen untersuchte er. Dabei entdeckte er, dass nicht nur die Intensität, sondern auch die Frequenz der Töne die Muskelkraft verändert: sie stieg bis zur Oktave auf das Doppelte an. MOSSO registrierte mit Hilfe der Plethysmographie nach jedem Lustgefühl eine Zunahme des Armvolumens, nach jedem Unlustgefühl jedoch eine Abnahme. Zum gleichen Ergebnis kam LEHMANN. Er glaubte, dass ein äusserer Reiz bis zum Bewusstsein vordringen müsste, um eine Reaktion in der Körperperipherie zu erzeugen. Sie wäre um so stärker, je mehr durch einen Affekt die Aufmerksamkeit erregt werde. ISTOMANOW und TARCHANOFF stellten nach Kitzeln, unangenehmen Gerüchen, bitterem und saurem Geschmack, akustischen und optischen Reizen ein Absinken der Hauttemperatur und eine Volumenabnahme der betreffenden Extremität fest, manchmal auch eine Blutdrucksteigerung mit einer Veränderung der Herz-

tätigkeit. Schmerzreize, Wärme, angenehme Gerüche und süsser Geschmack verursachten eine entgegengesetzte Reaktion. MENTZ untersuchte den Einfluss akustischer Reize auf Puls und Atmung. Klänge zeigten die deutlicheren Reaktionen: mit zunehmender Intensität eine Verlängerung der Pulsdauer, die jedoch wieder abnahm, wenn bei sehr hohen Intensitäten Unlustgefühle auftraten. Auch die Aufmerksamkeit spielte eine Rolle. Bei willkürlicher Aufmerksamkeit registrierte er nach akustischen Reizen regelmässig eine Verlängerung der Pulsdauer. Besondere Aufmerksamkeit verkürzte sie jedoch. Die Musikalität der Versuchspersonen spielte keine Rolle. Dagegen riefen Konsonanzen eine Verengerung, Dissonanzen eine Erweiterung der Pupillen hervor. KIESOW beobachtete Blutdruckveränderungen nach Affekten. Das Erkennen optischer Reize würde eine grössere Aufmerksamkeit erwecken als die reine Wahrnehmung. Deshalb ordnete KIESOW optische Signale - wie Kreise, Punkte, Linien - zuerst willkürlich auf einer Bildfläche an, veränderte dann aber ihre Lage derart, dass für die Versuchspersonen bestimmte Figuren zu erkennen waren. Er glaubte jedoch, dass nicht die geistige Arbeit des Erkennens, sondern allein Gefühle und Affekte für Blutdruckveränderungen verantwortlich wären. Gefässverengerungen beobachtete er nach Disharmonien und solchen Geräuschen, die die Aufmerksamkeit besonders erregen, wie das Ticken einer Uhr. Auch erwähnte er den Einfluss der verschiedenen Tageszeiten auf die Füllung peripherer Gefässe. Er bevorzugte die ruhigste Zeit des Tages, um unerwünschte Reize zu vermeiden. Aus dem gleichen Grunde forderte er, dass Versuchsperson und Untersucher in getrennten Versuchsräumen untergebracht werden sollten. WEBER machte plethysmographische Versuche mit den drei Paaren von einfachen Gefühlen - Lust und Unlust, Erregung und Beruhigung, Spannung und Lösung - nach der Gefühlstheorie von WUNDT. Jedoch liessen sich diese nur selten rein erzeugen, am besten noch durch Geschmacks- und Geruchsreize. Die Begleiterscheinungen der Spannung waren eine Verminderung des Armvolumens und eine Pulsverkleinerung. Auch geistige Arbeit verursachte

eine Volumenabnahme, ebenso die Gabe von Bittersalz. Volumenzunahmen, wie sie durch Lustgefühle hervorgerufen werden, konnte er viel seltener feststellen. Die Gefässe verschiedener Körperregionen verhielten sich oft gegensätzlich. So kam es zu Blutverschiebungen zwischen dem Bauchraum und den Gliedmassen. Die Gehirngefässe waren an diesen Blutverschiebungen nur wenig oder gar nicht beteiligt. Wie motorische Bewegungen bewirkten auch reine Bewegungsvorstellungen, die in Hypnose hervorgerufen wurden, eine Volumenzunahme des Armes und eine Volumenabnahme der Ohrmuschel. Reizungen der motorischen Hirnrinde curarisierter Tiere brachten die gleichen Ergebnisse. Passive Bewegungen hatten keine Wirkung auf das periphere Gefässsystem. Im Gegensatz zu LEHMANN glaubte WEBER, dass auch unbewusst ablaufende Vorgänge Reaktionen auf das Gefässsystem auslösen können. Er ordnete bestimmten Affekten bestimmte Reaktionen des peripheren Kreislaufs zu. KRETSCHMER hielt dies jedoch wegen der individuellen Konstitution des vegetativen Nervensystems und der komplexen Beschaffenheit der Gefühle nicht immer für möglich. Andere Autoren (MATTHES u.a.) konnten so bei verschiedenen Affekten immer nur eine Gefässverengung, einen Blutdruckanstieg und eine Abnahme der Hauttemperatur feststellen. GOLENHOFEN u. HILDEBRANT fanden mit der Wärmeleitsonde und dem Wärmeleitmesser nach HENSEL fast regelmässig eine vermehrte Muskel- und verminderte Hautdurchblutung. Diese Durchblutungsänderungen sollen auf vasomotorischen Einflüssen, Zunahme des Muskeltonus mit sekundärer Durchblutungserhöhung und einer Adrenalinausschüttung beruhen. Die entgegengesetzte Durchblutungsänderung im Muskel und in der Haut deutet auf die Ungenauigkeit der Plethysmographie ganzer Gliedmassen hin. Die Fingerplethysmographie vermeidet diesen Fehler weitgehend. Bei Katzen fanden BETZ u. HENSEL eine Zunahme der Gehirndurchblutung und eine Abnahme der Ohrdurchblutung, wenn das Tier eine Maus sah. Auch andere emotionelle Reize, wie Klappern mit dem Fressnapf, Klopfen am Versuchskasten oder Hundegebell, führten zu einer

gesteigerten Gehirndurchblutung und zu einer Konstriktion der Ohrgefäße. WITTKOWER machte seine Versuche mit Hilfe des psychogalvanischen Reflexes. Auch er hielt die Ermüdung, die Aufmerksamkeit und die Erwartung für wichtige psychologische Faktoren, die berücksichtigt werden müssten. Erwartungsspannung bei Versuchsbeginn und Ungeduld bei zu langen Intervallen zwischen den Reizen riefen endogene Spontanschwankungen hervor. Ebenso waren die Aufmerksamkeit, die bei öfterer Wiederholung gleicher Reize, und die innere Beteiligung der Versuchsperson wichtig. Bei Ablenkung waren die Ausschläge geringer. Geringer und seltener waren die Ausschläge nach allen Reizen auch bei zu lange dauernden Versuchen infolge Ermüdung. Nicht die geistige Arbeit wäre das die Reaktion auslösende Moment, sondern allein der affektive Tonus. Als physiologisch-psychologische Faktoren nannte er die tageszeitlichen Schwankungen, Temperaturänderungen, Atemverschiedenheiten und bei eventuellen Bewegungen auftretenden Muskelaktionsströme, die alle den psychogalvanischen Reflex ändern. Demnach sollen die Versuche bei der gleichen Versuchsperson stets zur gleichen Tageszeit und bei gleichen äusseren Temperaturen ausgeführt werden. Tiefe In- und Expirationen, Hustenstösse, Seufzer, die eine psychogalvanische Reaktion hervorrufen können, sollten vermieden werden. Er selbst hätte allerdings nach tiefen In- und Expirationen keine psychogalvanische Reaktion gefunden, es sei denn, es hätte ihnen ein Affekt zugrunde gelegen. Schon Aktionsströme, wie sie bei einem Lidschluss und bei Konvergenz der Augenbulbi auftreten, beeinflussten die psychogalvanische Kurve. Willkürliche Bewegungen wären von psychogalvanischen Reaktionen gut zu unterscheiden, da sie keine Latenzzeit hätten und auch im Reaktionsablauf qualitativ und quantitativ anders wären. Unwillkürliche Bewegungen könnten als Ausdrucksphänomene von Affekten auftreten und wären demnach für die Verwertung der psychogalvanischen Reaktion nicht als absolute Fehlerquelle zu bewerten. WITTKOWER prüfte die affektive Wirkung einzelner Wörter mit und ohne Berücksichtigung der Einfallsinhalte.

Am affektivsten waren Wörter, die einen Gefahrenmoment beinhalteten, triebbezüglich waren oder die Lebenslage der Versuchsperson betrafen. Er fand, dass Versuchspersonen, die mehr trieb-, eigenwert- und ichbezügliche Einfälle hatten, stärker reagibel waren. Inhalte, die sich auf aktuelle, lustvolle oder unlustvolle Ergebnisse beziehen, waren am häufigsten. Einige dieser Wörter hat KOTTMEYER in seinem Sprachverständnistest bei plethysmographischen Untersuchungen verwendet. Er benutzte die Fingerplethysmographie für seine Untersuchungen. Diese Methode soll in einem späteren Kapitel noch genauer erwähnt werden. Bei seiner Art der Fingerplethysmographie wurden nur Volumenänderungen der Fingerkuppe gemessen, um entgegengesetzte Reaktionen der Muskulatur zu vermeiden. Nach sensiblen und sensorischen Reizen (Schmerz-, Berührungs-, Kälte-, Wärme-, Geschmacks-, Geruchsreize und optische Reize) erhielt KOTTMEYER meistens eine Volumenabnahme und nur sehr selten eine Volumenzunahme, die nach Wärmereizen besonders durch Rotlicht noch am häufigsten war (in etwa 25 % aller positiven Reaktionen auf Wärmereize). Es war also ganz gleichgültig, ob eine lust- oder unlustbetonte Empfindung ausgelöst wurde. Geruchsreize schienen am wirksamsten und regelmässigsten eine Reaktion auszulösen. Geruchsstoffe, die nur oder auch eine Trigeminusreizung bewirken, mussten natürlich vermieden werden. Bei Geschmacksreizung konnte eine taktile Reizung bei Aufbringung der Geschmacksstoffe auf die Zunge nicht umgangen werden. Bei intravenöser Applikation störte der Schmerzreiz durch die Injektion. Die Temperaturreizung erfolgte durch Wärme- und Kältestrahlung, um keine Tastempfindung auszulösen. Die optische Reizung wurde durch verschieden farbiges Licht erreicht, eine Unterscheidung von Sehen und Erkennen durch rote Diapositive, auf denen Buchstaben in sinnloser Reihenfolge bzw. als lesbare Wörter angebracht waren.

4. Der Einfluss akustischer Reize auf den Kreislauf.

Bei Untersuchungen über den Einfluss von Affekten auf den Körper wurde auch ein Einfluss auf den Kreislauf gefunden. Reaktionen des Kreislaufs fanden viele Autoren (LEHMANN, MENTZ, KIESOW u.v.a.) auch nach akustischen Reizen. Zur Bestimmung einer objektiven Hörschwelle wurden die Kreislaufreaktionen jedoch kaum benutzt, sondern man prüfte allgemeine Körperreaktionen, wie sie im Kapitel über objektive Hörprüfungsmethoden erwähnt sind. In die Gruppe objektiver Höruntersuchungsmethoden müssen jedoch auch die Methoden gezählt werden, die Kreislaufreaktionen nach akustischen Reizen registrieren. LEHMANN zeigte als erster, dass mit Hilfe der Plethysmographie eine echte Taubheit von einer hysterischen unterschieden werden kann. Nach starken Tonreizen fanden HELSMORTELL jr. u. NYSSSEN einen Anstieg des systolischen Blutdruckes. Später machten sie auch plethysmographische Untersuchungen. Einen mit einer MAREY'schen Kapsel verbundenen Gummiball musste die Versuchsperson fest mit der Hand umgreifen, die dann mit einer Binde umwickelt wurde. Wurde die Hand entspannt, liessen sich Volumenänderungen registrieren. Akustische Reize bewirkten eine Volumenabnahme. Wurden Wörter nicht nur gehört, sondern auch verstanden, so war die Volumenabnahme noch stärker. Berührungsreize wirkten jedoch störend, da sie die gleichen Reaktionen auslösten. KIESOW beschrieb vor allem Pulsänderungen nach akustischen Reizen. Er erwähnte auch, dass nach schrillen Dissonanzen eine Gefässkonstriktion folgte. G.LEHMANN u.Mitarb. machten Kreislaufuntersuchungen während und nach Oktavband- und Industrieräuschen. Sie fanden bei den meisten Versuchspersonen eine Verkleinerung der Blutdruckamplitude, des Volumenpulses und des Hautblutvolumens und eine Vergrößerung des peripheren Widerstandes. Unabhängig von der Schallfrequenz und der Lärmempfindlichkeit zeigten die Versuchspersonen also einen vermehrten Sympathikotonus, eindeutig jedoch erst bei Geräuschintensitäten über 70 Phon. Bei den Versuchen KOTTMEYERS mit Hörreizen sollte

mit Hilfe der Fingerplethysmographie festgestellt werden, ob auch schwellennahe Töne eine Kreislaufreaktion auslösen und auf diese Art eine objektive Hörprüfungsmethode zu entwickeln sei. Um äussere Reize weitgehend auszuschalten, wurden die Versuchspersonen in bequemer Lage, denn sie müssen ja in möglichst vollkommener Ruhe ausharren, in eine Camera silens gelegt. Die Camera silens war abgedunkelt, um auch optische Reize auszuschliessen. Der Untersucher und alle Apparate befanden sich in einem zweiten Raum. Da die Intensität der Reaktionen von der Affektivität der Reize abhängt, suchte KOTTMEYER den affektiv wirksamsten Tonreiz.

S i n u s t ö n e riefen kurzdauernde Volumenabnahmen hervor. Jedoch trat nach drei bis vier Tönen keine Reaktion mehr ein, auch wenn die Intensität der Töne erhöht wurde. Bis zu einer Frequenz von 518 Hz musste auch eine Tastempfindung angenommen werden. Die Untersuchung mit Sinustönen konnte am besten mit der Bestimmung der Hörschwelle durch einen Sinustonaudiometer verglichen werden, sie war jedoch wegen schneller Ermüdbarkeit nicht zu gebrauchen. Auch BECKMANN berichtete, dass einige meist auffällig unzugängliche und psychisch gehemmte Kinder bei der Spielaudiometrie auf Sinustöne in keiner Weise reagierten, wohl aber auf Schallreize von verschiedenen Musikinstrumenten. Diese Kinder würden wohl von den ihnen unbekannten Sinustönen nicht genügend angesprochen.

Erst nach fünf bis sechs Reizen und geringerer Intensität als bei Sinustönen ermüdete der Reflex bei R e c h t e c k t ö n e n, was jedoch für eine objektive Höruntersuchung auch noch nicht ausreichte.

Naheliegend war die Verwendung von K l ä n g e n. Klänge mit Geräuschcharakter und einer Grundfrequenz von 100, 200, 300 und 500 Hz konnten mit einem Petersaudiometer hergestellt werden. Sie führten sehr regelmässig zu einer Volumenabnahme der Fingerkuppe. Dies konnte auch mit Klängen von Stimmgabeln und Musikinstrumenten erreicht werden. Wegen ihrer Obertöne waren sie für genaue Höruntersuchungen nicht verwendbar. In

weiteren Versuchen erprobte KOTTMEYER die Wirksamkeit und damit die Affektivität von Klängen, die aus Sinustönen zweier Atlasaudiometer und einem mit ihnen zu einem Klang angepassten Sinuston eines Petersaudiometer gemischt wurden. Es zeigte sich, dass diese Drei-Ton-Klänge eine zuverlässige psychovasomotorische Wirkung hatten und deshalb oft wiederholt werden konnten, ohne dass der Gefässreflex ermüdete. Nachteilig war jedoch die geringe frequenzmässige Begrenzung dieser Klänge, so dass sie für einen Vergleich mit Reintonschwellenkurven der üblichen Audiometrie nicht verwendet werden konnten.

Beide Versuchsbedingungen erfüllten S c h w e b u n g s - k l ä n g e. Sie zeigten einmal eine genügende Wirksamkeit (viel stärker als Sinustöne); denn ihre Gefässreaktionen, die auch nach zehn bis fünfzehn Reizwiederholungen noch nicht ermüdeten, konnten schon mit Reizintensitäten ausgelöst werden, die nur 5 bis 10 dB über der subjektiven Reintonschwellenkurve lagen. Zum anderen konnten die benutzten Schwebungsklänge, deren Primärtöne aus Frequenzen der üblichen Atlasaudiometer und ihnen nahe liegenden Frequenzen bestanden, auch zu einem Vergleich mit Reintonschwellenkurven herangezogen werden, da sie frequenzmässig eng begrenzt sind. Sie stellten gegenüber Klängen genauer definierbare Reize dar. Der Vergleich hatte als Ergebnis, dass die objektive Schwebungsklangschwellenkurve fast parallel zu der subjektiven Reintonschwellenkurve verlief. Die Differenz war jedoch bei den tiefen Frequenzen etwas kleiner als bei den hohen und bei den mittleren Frequenzen am grössten. 67 % der akustischen Reize riefen eine Gefässreaktion hervor. Diese bestand in einer Volumenabnahme der Fingerkuppe. Nach HELMHOLTZ würde die Dissonanz eines Klanges von dem Gehalt an Schwebungsklängen abhängen. Dissonanzen als unlustbetonte Reize müssten nach den Regeln von MOSSO, WEBER, KIESOW eine Volumenabnahme des Armes bewirken, was den plethysmographischen Ergebnissen von KOTTMEYER bei Schwebungsklängen entsprach. Diese Schwebungsklänge wurden durch zwei Tongeneratoren

erzeugt, deren reine Töne gemischt wurden. Auch bei den eigenen Untersuchungen wurden die Schwebungsklänge auf diese Art hergestellt.

Schon bei Intensitäten von 5 bis 15 dB trat nach Oktavklängen sehr regelmässig eine Gefässreaktion ein, die auch nach zwölf bis fünfzehn Reizwiederholungen noch auszulösen war, wenn die Reizfolge so lag, dass der Frequenzabstand des folgenden Klanges vom vorausgehenden Klang möglichst gross war. Auch Oktavbandgeräusche lösten den Gefässreflex aus. Für einen Vergleich mit der Reintonsschwellenkurve waren die Oktavklang- und die Oktavbandgeräuschkwellenkurve nicht geeignet, weil sie frequenzmässig wenig definiert waren.

Die Erprobung der verschiedenen Arten akustischer Reize zeigte, dass die Schwebungsklänge am geeignetsten waren. Sie waren frequenzmässig genügend definiert, um mit Sinustonschwellenkurven verglichen werden zu können. Ausserdem zeigten sie eine genügende Affektivität; denn vom Grad der Affektivität eines Reizes hängt die Intensität seiner Wirkung ab (KOTTMEYER). Da Sinustöne affektiv unwirksamer sind als andere Schallqualitäten, genügt es sicher nicht allein, dass ein Reiz bis zum Bewusstsein durchdringen muss, um eine körperliche Begleiterscheinung hervorzurufen (LEHMANN). Vielleicht liegt die Ursache der geringen Affektivität von Sinustönen darin, dass sie in der Natur nicht vorkommen. Eine einfachere Erklärung ist, dass sinusförmige Schallreize nicht nur im Cortischen Organ, sondern auch im Hörzentrum weniger Nerven Elemente erregen als komplexere Schalleindrücke und deshalb über den Thalamus eine geringere Wirkung auf das Vegetativum haben (KOTTMEYER). Der Reiz muss aber auch bewusst werden, um wirksam zu sein, da im Schlaf die Gefässreaktionen ausbleiben. Für die affektive Wirkung eines Reizes ist auch der Grad seiner Neuheit mitentscheidend. Die Reihenfolge wird deshalb so gewählt, dass weite Frequenzabstände entstehen. Auch die Ermüdbarkeit des Reflexes, die nach DARROW u. Mitarb. dadurch entsteht, dass bei Reiz-

wiederholung subcorticale Zentren die Kontrolle der Gefäßreaktion übernehmen, wird auf diese Weise unterdrückt. Für die Auslösung des Reflexes spielen sicher mehrere Faktoren eine Rolle, wie das deutliche Bewusstwerden des Reizes und die unbewusste und bewusste Affektbildung. Für die unbewusste Affektbildung spricht die kurze Latenzzeit von zwei bis fünf Sekunden, für die bewusst die zuverlässigere Wirkung kurzer Sätze gegenüber Testwörtern. Aber auch Aufmerksamkeits- und Erwartungsspannung müssen bei dem Reflexmechanismus berücksichtigt werden.

KOTTMEYER untersuchte auch die Wirkung der menschlichen Sprache auf das Fingerkuppenvolumen. Um allein die Wirkung des Verstehens der Wörter registrieren zu können, musste die rein akustische Wirkung aufgehoben werden. Deshalb wurde ein Tonband mit einem beliebigen Text besprochen und umkopiert, so dass nur ein unverständlicher Salat zu hören war. Auf dieses Tonband wurden dann Testwörter, wie sie zum Teil WITTKOWER vorschlug, und Testätze in Abständen von etwa einer Minute aufgeklebt. Ihre Reihenfolge war so gewählt, dass sich lust- und unlustbetonte Reize abwechselten. Durch den akustischen Dauerreiz war das Plethysmogramm unregelmässiger. Doch wurde ein Testwort oder ein Testsatz verstanden, so trat eine deutliche Gefäßreaktion ein.

Als Reaktion fand KOTTMEYER bei all den erwähnten Schallqualitäten stets eine Volumenabnahme, gleichgültig ob ein lust- oder unlustbetonter Reiz vorausging. Im Gegensatz dazu beobachteten WEBER, LEHMANN u.a. nach lustbetonten Reizen eine Volumenzunahme, nach unlustbetonten eine Volumenabnahme. Dies konnte von KOTTMEYER so erklärt werden, dass bei plethysmographischen Methoden, bei denen Änderungen der Haut- und der Muskeldurchblutung erfasst werden, die jedoch oft ein entgegengesetztes Verhalten zeigen (GOLENHOFEN u. HILDEBRANDT), es zu einer Volumenzunahme kommt, wenn die Muskelmehrdurchblutung überwiegt.

5. Methoden zur Bestimmung von Volumen- und Durchblutungsänderungen.

a) Thermische Methoden.

Bei der T h e r m o s t r o m u h r wird die im Blutgefäß fließende Blutsäule mit hochfrequentem Wechselstrom aufgeheizt. Die Differenz in der Bluttemperatur stromauf und stromab von der Heizstelle wird mit zwei Thermoelementen durch ein empfindliches Galvanometer gemessen. Je grösser die Blutströmung, um so weniger wird die Blutsäule bei konstanter Wärmezufuhr aufgeheizt, um so geringer wird die gemessene Temperaturdifferenz und der Galvanometerausschlag (REIN).

Der von HENSEL entwickelte W ä r m e l e i t m e s s e r beruht auf dem Prinzip des geheizten Thermoelementes. In eine Plexiglasplatte, die auf der Haut befestigt wird, sind zwei parallele Konstantandrähte eingelassen. Der eine Draht wird mit konstantem Wechselstrom auf eine geringe Übertemperatur gegenüber dem anderen gebracht. Die Temperaturdifferenz wird mittels einer eingebauten Thermosäule aus vier Kupfer-Konstantan-Elementen fortlaufend registriert. Diese Temperaturdifferenz ist der Wärmeleitzahl und damit der Hautdurchblutung proportional. Eine Eichung in absoluten Durchblutungswerten ist möglich, ebenso Messungen an allen Körperstellen. Sie ist unabhängig von Körper-, Haut- und Raumtemperatur, Wärmeisolation der Haut, Durchblutung anderer Gewebe und Vorkühlung des Arterienblutes. Das Gleiche gilt für die W ä r m e l e i t s o n d e nach HENSEL u. RUEF zur Bestimmung der örtlichen Wärmeleitzahl von Muskeln. Die Einstellgeschwindigkeit ist sehr hoch und damit die thermische Trägheit mit ein bis zwei Sekunden sehr gering. Andere thermische Methoden, wie Messung der Hauttemperatur, der Hautwärmestromdichte und des "Thermal Circulation-Index" und die Bestimmung der Wärmedurchgangszahl zwischen Körperkern und Haut, zeigen im Vergleich zu Durchblutungsänderungen Verzögerungen bis zu 20 Sekunden.

BURTON beschreibt neuere Isotopenverfahren, durch die nicht nur die Durchblutung, sondern auch die Durchlässigkeit der Blut-Gewebe-Schranke bestimmt wird.

b) Plethysmographische Methoden.

Erste brauchbare Methoden wurden 1863 von BUISSON entwickelt und von MOSSO und LEHMANN verbessert.

Eine Gliedmasse (am häufigsten der Unterarm) wird in einen zylindrischen Raum eingeschlossen. Der Raum zwischen Gliedmasse und Zylinder muss sorgfältig abgedichtet und mit Flüssigkeit ausgefüllt werden. Volumenänderungen, die mit dem Rhythmus der Pulswellen auftreten, werden mit Hilfe einer Registriereinrichtung (z.B. einer MAREYSchen Kapsel) aufgezeichnet. Es soll ein nicht elastisches Schlauchsystem verwendet werden. Vergrößert sich das Volumen der Gliedmasse mit einer Erhöhung der Blutfüllung, so wird Flüssigkeit verdrängt und der Ausschlag des Schreibhebels vergrößert. Man kann den Raum zwischen Zylinder und der eingeschlossenen Gliedmasse auch mit Luft füllen. Es bleiben Schwierigkeiten bei der proximalen Abdichtung. Einerseits darf keine Flüssigkeit oder Luft austreten, zum anderen muss eine Störung der Blutzirkulation bei der Abdichtung bzw. im venösen Schenkel vermieden werden. Ausserdem kann grundsätzlich eine Gliedmasse nur in ihrer Gesamtheit distal von der Abdichtungsstelle erfasst werden. Abschnittweise Messungen sind zu umständlich. Unbemerkte Bewegungen oder Tonusänderungen der Muskulatur bringen Fehler in die Ergebnisse. Diese können nur qualitativ sein, da aus diesen Gründen nicht jede Volumenvergrößerung der Gliedmasse auf einer Durchblutungszunahme beruht. Quantitative Durchblutungskontrollen können durch die sogenannte **V e n e n - s t a u p l e t h y s m o g r a p h i e** gewonnen werden. Dabei wird der venöse Abstrom nach Anlegen einer Manschette (z.B. einer Blutdruckmanschette) durch eine Drucksteigerung auf 60 mm Hg unterbrochen. Die arterielle Zufuhr bleibt unbeeinflusst bestehen, sofern der Manschettendruck den diastolischen Druck nicht übersteigt. Im Verhältnis zur zufließenden

Blutmenge muss sich das Volumen der Gliedmasse und damit der Zeigerausschlag erhöhen. Die im Plethysmogramm auftretende Treppenkurve wird ausgewertet.

Später wurden andere plethysmographische Methoden entwickelt, bei denen die Registrierung und die Übertragung von Volumenänderungen geändert und verbessert wurden. GOETZ verband den Plethysmographen mit einer Capillare. Niveauänderungen des Meniscus in dieser Capillare bildete er über ein vergrösserndes optisches System auf einen Photokymographen ab. Eine andere Übertragungsart von Volumenänderungen beschrieb WHITNEY. Er verwandte eine mit Quecksilber gefüllte Manschette am Unterarm. Vergrösserte sich der Umfang des Armes, so verkleinerte sich der Querschnitt des Quecksilberfadens in der Manschette. Dadurch wurde der elektrische Widerstand des Quecksilberfadens vergrössert, der über eine Brückenschaltung registriert wurde. Auf diese Art konnten auch Volumenänderungen an arbeitenden Versuchspersonen gemessen werden.

Bei der sogenannten l i c h t e l e k t r i s c h e n Plethysmographie wird wieder eine andere Übertragungsart benutzt. Es wird die Menge des die Haut durchdringenden ultraroten Lichtes mit einer ultrarotempfindlichen Photozelle registriert (MATTHES). Mit zunehmender Dicke des Untersuchungsobjektes erschöpft sich diese Methode. Für grössere Körperflächen beschrieb HERTZMANN seine Methode: hier wird nicht der Lichtdurchtritt durch ein Gewebe gemessen, sondern am Gewebe reflektiertes Licht. Lichtquelle und Fotozelle befinden sich in einem Rohr, durch Zwischenwände getrennt. Das Rohr wird so auf die Haut aufgesetzt, dass nur durch die Haut Licht in die Photozelle gelangt. Diese Methode eignet sich nur zur Messung von Blutzirkulationsänderungen in oberflächlichen Schichten. Eine exakte Abgrenzung des Messbereiches in die Tiefe ist nicht möglich. Ein Vergleich zwischen Änderungen des Gesamtvolumens und der Volumenpulsamplitude gibt Aufschluss, ob Volumenänderungen auf einer Umstellung im

arteriellen Gefässabschnitt, auf Veränderungen im venösen oder Capillarbereich beruhen.

BRINKMAN u. ZIJSTRA, sowie NIEVEEN u. Mitarb. registrierten reflektiertes Licht mit Hilfe einer Photozelle. Der Vorteil dieser Methode liegt in der Anwendbarkeit an jeder beliebigen Körperstelle.

Für den Nachweis psychovasomotorischer Reaktionen nach schwelennahen sensorischen und sensiblen Reizen entwickelte KOTTMEYER eine neue plethysmographische Registrierung: den Kapselplethysmographen mit dem sogenannten Capillarbandschreiber. Dabei werden Volumenänderungen der Fingerkuppe gemessen, um nur Hautdurchblutungsschwankungen zu erfassen. Der Durchblutungsanteil der Sehnen und des Knochens kann wegen der geringen Gefäßversorgung unberücksichtigt bleiben. Durchblutungsänderungen der Muskulatur, die gegenüber der Hautdurchblutung oft ein entgegengesetztes Verhalten zeigen (REIN, HENSEL u.a.), werden dann nicht registriert. Eine Kapsel von 10 mm Durchmesser und 6 mm Tiefe, die mit einem Condomgummi verschlossen war, wird mit einer Schraubenzwinge an der Fingerspitze festgeklemmt. Sie dient zur Übertragung der Volumenänderungen der Fingerkuppe, die der sogenannte Capillarbandschreiber registriert. Dieser besteht aus einer Metallcapillare, die von oben her aufgesägt war, so dass ein Schlitz entstand. Die Metallcapillare wird durch einen unelastischen Kunststoffschlauch mit dem Kapselplethysmographen verbunden und dieses System mit einer alkoholischen Karbolfusinlösung als Schreibflüssigkeit gefüllt. Bis zu ihrem Meniscus in der Metallcapillare färbt die Schreibflüssigkeit einen durch den Schlitz der Capillare laufenden Chromatographiepapierstreifen. Einer Volumenabnahme der Fingerkuppe folgt der Gummi des Kapselplethysmographen und damit auch die Schreibflüssigkeit, so dass der Meniscus in der Metallcapillare sinkt und der Papierstreifen weniger benetzt

und gefärbt wird. Bei einer Volumenzunahme der Fingerkuppe steigt der Meniscus der Schreibflüssigkeit, so dass ein breiteres Band auf dem Papierstreifen entsteht.

c) Volumenpulsschreibung.

Hierbei werden die peripheren Volumenpulse aufgezeichnet. Die *O s c i l l o m e t r i e* beruht auf Messung der Pulsamplitude bei verschieden eingestelltem Druck einer Manschette, die um die untersuchte Gliedmasse gelegt wird. Pulsoscillationen können auf mechanischem (MAREYsche Kapsel) oder optischem Wege registriert werden.

Bei *p h o t o e l e k t r i s c h e r* Volumenpulsregistrierung wird auf die pulsierende Stelle ein Streifen aufgeklebt, dessen Streifenende beleuchtet wird und dessen Schatten eine Photozelle mehr oder weniger abdeckt im Rhythmus der Volumenpulswelle und dadurch den Photostrom verändert. Diese Methode eignet sich auch zur Messung sichtbarer Arterienpulsationen.

Bei dem sogenannten *I n f r a t o n* verfahren nach BRECHT u. BOUCKE wird eine Art Kondensatormikrophon verwendet, dessen Kapazität druckabhängig ist, hier vom Auflagedruck auf die zu untersuchende Körperstelle. Der Auflagedruck wird durch die Volumenpulswelle verändert.

Eine weitere Möglichkeit der Volumenpulsschreibung bringt die *R h e o g r a p h i e* nach POLZER u. SCHUEFRIED. Sie soll etwas ausführlicher besprochen werden, da sie bei den eigenen Versuchen verwendet wurde.

Rheographie.

Die Registrierung der elektrischen Leitfähigkeitsschwankungen durch die Rheographie gestatten die Erfassung von Füllungsänderungen in einem bestimmten Elektrodenbereich. Die im Rhythmus der Pulswelle auftretenden Schwankungen der Blutfülle

verursachen eine Änderung des elektrischen Widerstandes und der elektrischen Leitfähigkeit des durchströmten Gewebes. Es können nur pulsatorische Volumenschwankungen im Rheogramm aufgezeichnet werden. Dagegen kann das Durchflussvolumen z.B. einer Extremität nicht bestimmt werden. Es handelt sich bei der Rheographie also um eine Methode zur Registrierung des Volumenpulses.

Physikalische Darstellung der Rheographie.

1. Die Messbrücke.

Die Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit werden über eine modifizierte WHEATSTONEsche Brücke gemessen. Mit Hilfe von zwei Elektroden wird der zu untersuchende Körperabschnitt des Patienten in die Brücke eingeschaltet, wird also zu einem Zweig der Brücke, der in elektrischer Hinsicht als eine Reihenschaltung von Kapazität und Ohmschen Widerstand angesehen werden kann. Der Ohmsche Widerstand des Patienten im Körperinneren darf nicht mit dem Übergangswiderstand der Haut verwechselt werden. Ein weiterer Zweig dieser Brücke, der Vergleichszweig, enthält eine einstellbare

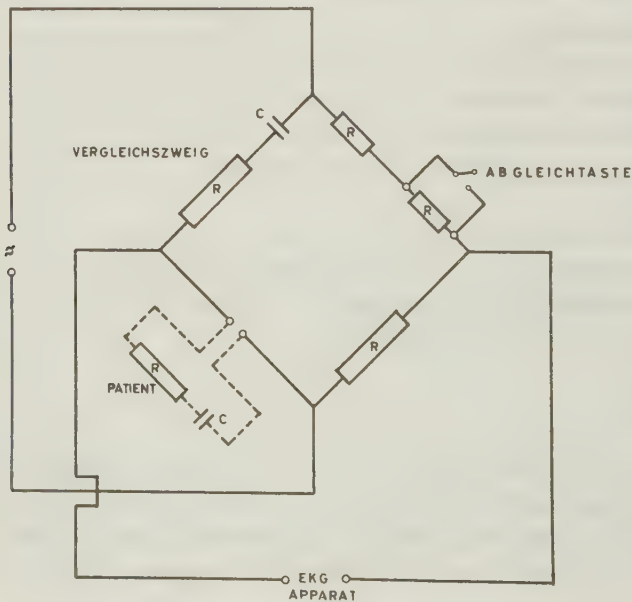


Abb. 1

WHEATSTONEsche Brücke des Rheographen.
R Ohmscher Widerstand, C Kapazität

Kapazität und einen variablen Ohmschen Widerstand und dient zur Nachbildung von Kapazität und Ohmschen Widerstand des Patienten. Dieser hat auch diagnostische Bedeutung. Bei guter Blutfüllung im Messbereich zwischen den Elektroden sinkt er ab, bei schlechter Durchblutung steigt er an. Durch Abgleich des Vergleichszweiges können sowohl der Ohmsche Widerstand wie auch die Kapazität des Patienten bestimmt werden. Die variable Kapazität hat vor allem den Zweck, z.B. bei kleinen Elektroden, einen Abgleich der Brücke und damit reproduzierbare Messverhältnisse zu ermöglichen. Die beiden restlichen Zweige der WHEATSTONEschen Brücke stellen Ohmsche Widerstände dar (siehe unten).

2. Die Messfrequenz.

Gespeist wird die Brücke von einem Mittelfrequenzgenerator mit einer Wechselspannung, deren Frequenz in einem Bereich von 20 000 bis 30 000 Hz liegt. Die Frequenz ist in diesem Bereich gewählt, um den Übergangswiderstand der Haut auf kapazitivem Wege zu überbrücken. Ausserdem verspürt dann der Patient bei der verwendeten Stromstärke von etwa 10 mA nicht mehr den Durchgang des elektrischen Stromes durch den Körper. Andererseits ist es zweckmässig, keine höheren Frequenzen zu wählen, da im Innern des menschlichen Körpers eine Fortleitung des elektrischen Stromes vorwiegend über den Ohmschen Widerstand der Blutbahnen und des Gewebes erwünscht ist und die kapazitive Stromleitung, wie sie z.B. bei der Kurzwellentherapie auftritt, bei dieser Messanordnung nicht in den Vordergrund treten soll.

3. Der Brückenabgleich.

Neben dem Patienten und dem Vergleichszweig enthält die Brücke noch zwei weitere als Ohmsche Widerstände ausgeführte Zweige. In einem dieser Zweige liegt die Abgleichstaste, die einen Ohmschen Widerstand überbrückt. Während des Drückens der Abgleichstaste werden mit dem variablen Widerstand und der einstellbaren Kapazität des Vergleichszweiges die elektrischen Eigenschaften des Patienten nachgebildet. Dies tritt dann ein, wenn an der Brückendiagonalen keine oder nur geringe Spannung auftritt. Dies zeigt ein magisches Auge dadurch an, dass sein leuchtender Teil möglichst klein

ist. An zwei gegenüberliegenden Punkten der aus vier Zweigen bestehenden Brücke wird Spannung zugeführt, an den anderen Diagonalknoten abgeführt. Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit des Patientenzweiges, also zwischen den beiden Elektroden, verursachen eine Verstimmung der Brücke und damit eine Spannungsschwankung am Ausgang. Damit diese jedoch proportional den Leitfähigkeitsschwankungen sind, muß an den Abnahmepunkten eine gewisse Trägerspannung liegen, die durch die Leitfähigkeitsschwankungen moduliert werden kann. Diese Trägerspannung wird durch eine kleine Verstimmung der Brücke gewährleistet, die entsteht, wenn nach dem Abgleich der Brücke mit dem Loslassen der Abgleichaste ein zusätzlicher Ohmscher Widerstand eingeschaltet wird. Der leichtende Teil des magischen Auges wird dadurch entsprechend größer.

4. Die Verstärkung.

Ein auf die Meßfrequenz abgestimmter Resonanzverstärker voll die sehr kleinen Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit von etwa 1 % (bei Gefäßstörungen ein noch kleinerer Wert) verstärken und außerdem die Störwechselspannung von 50 Hz ausschalten.

5. Die Eichung.

Die Eichung erfolgt durch Drücken einer Eichaste. Dadurch wird ein Ohmscher Widerstand, der zum Patienten in Reihenschaltung liegt, durch Parallelschaltung weiterer variabler Ohmscher Widerstände so in seiner Größe vermindert, daß eine bestimmte Erhöhung der Leitfähigkeit verursacht wird.

6. Die Aufzeichnung.

Zur Aufzeichnung der Spannungsänderungen, die durch die pulsarrhythmischen Leitfähigkeitsschwankungen erzeugt werden, dient ein EKG-Apparat in üblicher Ausführung.

7. Elektroden und Elektrodenanlage.

Die Elektrodengröße ist nach dem untersuchten Bereich zu wählen. Bei Längsrheogrammen werden die Elektroden ringförmig um die zu untersuchende Gliedmaße gelegt. Sie sollen sich gut anpassen, ohne die Blutzirkulation zu stören. Die proximale

Elektrode wird mit dem roten Kabelstecker (Erdleitung) des Rheographen, die distale mit dem grünen Kabelstecker (Messspannung) verbunden. Die Kabel müssen abgeschirmt sein, um Störungen durch Wechselstromestreueung zu vermeiden.

8. Die Kurve.

Die Kurve des normalen Rheogramms zeigt einen steilen systolischen Anstieg mit exakt winkliger Auslenkung aus der Basislinie und einen engen Kurvengipfel. Im absteigenden Kurventeil erkennt man eine meist deutliche dikrote Nachwelle. Die grösste Amplitude zeigt das Rheogramm des normal durchbluteten Fingers (0,2 bis 0,5 Ohm). Bei Arm- oder Beinrheogrammen sind die Amplituden kleiner. Die Kurve ist

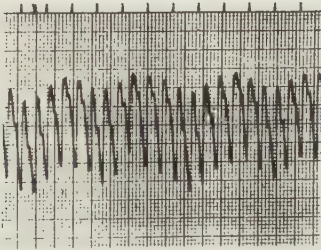


Abb. 2

Normales Finger-Rheogramm

unabhängig vom Elektrodendruck. Aber ab Drucken von über 90 mm Hg fällt die Amplitude sehr schnell ab. Ursache dafür ist, dass bei einem Druck von 90 mm Hg ein kritischer Wert des Kompressionsdruckes erreicht ist und distal der Kompressionsstelle die Pulsation erlischt. Das Rheogramm erfasst jedoch nur pulsatorische Volumenschwankungen. Eine Amplitudenverkleinerung sagt nur etwas über die geringere Weitung der Arterien durch die Pulswelle aus. Die geringere Weitung kann durch eine kleinere Pulswelle oder, wie bei der Gefässreaktion nach akustischen Reizen, durch eine Tonuserhöhung

der Vasomotoren hervorgerufen werden, die die Elastizität der Gefässe vermindert. Zu einem Absinken der Rheogrammkurve unter die Basislinie kommt es nach POLZER u. SCHUHFRIED in der kompensatorischen Pause nach Extrasystolen, weil der venöse Abfluss gesteigert und dadurch im Messbereich weniger Blut ist. Ob das Absinken des Rheogramms unter die Basislinie, das nach akustischen Reizen meist neben der Amplitudenverkleinerung auftritt, ähnlich zu erklären ist, kann nicht entschieden werden.

6. Allgemeine Beobachtungen bei Volumenpulskurven (zit. nach MATTHES).

Hier sei einiges erwähnt, was für die Auswertung der gewonnenen Kurven von Bedeutung ist.

Man unterteilt die Volumenschwankungen allgemein in drei Gruppen:

1. herzsynchrone Volumenpulse,
2. langsamere Volumenschwankungen, wie sie normalerweise im Gefolge der Atemschwankungen des Blutdrucks auftreten,
3. Volumenschwankungen mit noch kleinerer Frequenz, wie sie nach Blutdruckwellen III. Ordnung sowie bei Gefässreflexen auftreten.

Die Darstellung der herzsynchronen Volumenpulse bedingt eine grosse Registrierempfindlichkeit und eine relativ hohe Schreibgeschwindigkeit, die einer guten Darstellung langsamer Volumenschwankungen entgegenstehen. Da bei den eigenen Untersuchungen gerade die langsameren Volumenschwankungen beobachtet werden sollen, muss die Schreibgeschwindigkeit relativ langsam gewählt werden.

Der periphere Teil des arteriellen Kreislaufes hat einen niedrigen Elastizitätsmodul (dh. eine grosse Dehnbarkeit), so dass der Arterienpuls aufgehoben wird. Man kann von einer

"peripheren Windkesselwirkung" sprechen. Trotzdem gibt der periphere Volumenpuls alle in der Arterienpulskurve auftretenden Schwingungen (z.B. die Incisur) zeitgetreu wieder. Dabei ist jedoch die Amplitude verkleinert und ihr Maximum nach der Diastole verschoben. Diese Dämpfung ist desto grösser, je grösser der Abfluss in das Kapillargebiet ist. Bei einer Vasokonstriktion (z.B. Eiswasserversuch) besteht fast keine Dämpfung, da es zu einem Abfluss in das Kapillargebiet kommt. Deshalb ist in diesem Falle die Volumenpulskurve weitgehend mit der zugehörigen Arterienpulskurve identisch, da nur eine geringe Überlagerung durch das Kapillarrvolumen eintritt.

Plethysmographische Volumenschwankungen zeigen einen Wechsel des Gesamtblutgehaltes an. Dagegen stehen Schwankungen der Amplitude des herzsynchronen Volumenpulses in Beziehung zu Vorgängen am arteriellen Schenkel des Kreislaufes und geben eine Durchblutungsänderung an.

Da der Blutdruck grosse Wirkung auf die Volumenpulse hat, soll auch darüber etwas erwähnt werden.

Entsprechend der Einteilung der Volumenschwankungen teilt man die Blutdruckschwankungen ein in Wellen I. Ordnung (synchron mit der Herzfrequenz) als Pulsschwankungen des Blutdrucks, Wellen II. Ordnung (synchron mit der Atmung) als Atemschwankungen des Blutdrucks, Wellen III. Ordnung für Wellen mit verschiedener Frequenz, die langsamer als die Atemschwankungen sind. Diese umfassende Gruppe soll in einer "Ordnung" zusammengefasst und nicht in weitere Ordnungen geteilt werden, weil alle diese Wellen vom Vasomotorenzentrum aus gesteuerte Schwankungen des Gefässtonus und schwer abgrenzbar sind. Sie überlagern sich gegenseitig und mit Wellen I. und II. Ordnung. Schnelle Wellen III. Ordnung haben eine Frequenz von 2 bis 7 pro Minute, langsame Wellen III. Ordnung eine von 0,2 bis 2 pro Minute (Periodendauer 0,5 bis 5 Minuten), sehr langsame Wellen III. Ordnung eine Periodendauer von 10 bis 20 Minuten. Die Bezeichnung "Traube - Hering - Mayer - Wellen" sollte man nur

auf vasomotorische Blutdruckschwankungen beschränken, die bei vagotonierten, curarisierten, asphyktischen Hunden auftreten (MATTHES).

Rhythmische Blutdruckschwankungen haben ihr Korrelat im Plethysmogramm. Diese Volumenschwankungen stimmen in der Richtung teils überein mit den Blutdruckschwankungen (Pulsschwankungen und die Mehrzahl der Atemschwankungen), teils sind sie entgegengesetzt (Volumenschwankungen III. Ordnung). Zu diesen gehören auch die unregelmässigen Blutdruckschwankungen als Beantwortung bekannter und unbekannter Reize. Die entgegengesetzte Richtung der Wellen III. Ordnung spricht für eine aktive Beteiligung der Gefässperipherie an der Genese der Blutdruckschwankungen III. Ordnung.

Der Vasomotorenreflex ist ein durch das Vasomotorenzentrum vermittelter, gefässverengender Reflex mit selektivem Ausbreitungsgebiet. Die Selektivität soll soweit gehen, dass selbst gegensätzliche Wirkungen in verschiedenen Gefässgebieten durch zentrale Einwirkung zustande kommen. So kommt es beim tiefen Atemzug am Finger zu einer Vasokonstriktion, am Ohr dagegen zu einer Vasodilatation (MATTHES). Daneben beeinflussen jedoch auch lokale Bedingungen den Ablauf jeder peripheren Volumenkurve, wie eine verschiedene Erregbarkeit der Vasomotoren, Verschiedenheiten im venösen Abfluss und in der Füllung des Kapillargebietes.

Als Reaktion des Vasomotorenreflexes auf äussere Reize kommt es im Bereich der Hand zu einer aktiven, reflektorisch ausgelösten Vasokonstriktion und deshalb zu einer Blutdruckerhöhung (als aktive Beteiligung der Gefässperipherie an seiner Bildung), zu einer Sauerstoffsättigungs- und Temperaturabnahme. Auch die Pulsfrequenz erhöht sich gering und kurzdauernd. Äussere Reize sind z.B. Erschrecken, geistige Anspannung oder ein tiefer Atemzug. Der Organismus hat also keine Möglichkeit, auf verschiedenartige Reize auch mit verschiedenen Reizantworten zu reagieren. Beim tiefen Atemzug antwortet der Blutdruck oft nicht auf die Vasokonstriktion, sondern auf die Zunahme des Schlagvolumens des linken Herzens mit einer

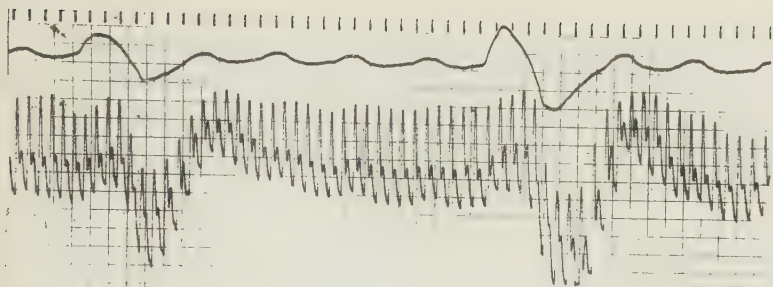


Abb. 3

Reaktion auf tiefen Atemzug
Atemregistrierung (obere Kurve),
Volumenpulskurve (untere Kurve).

Blutdruckerhöhung. Die Vasokonstriktion beteiligt sich in diesem Falle also nicht an der Blutdrucksteigerung. Später folgt der Abnahme des Schlagvolumens des linken Herzens eine Blutdruckerniedrigung. Aus denselben Gründen kommt es beim tiefen Atemzug zuerst zu einer Pulsfrequenzzunahme, dann zu einer Abnahme.

Bei gewöhnlichen Atemschwankungen des Blutdrucks ist kein Zeichen einer aktiven Beteiligung der peripheren Vasomotorik sichtbar; deshalb folgt einer Blutdruckerhöhung eine Volumenzunahme des Fingers (im Gegensatz zu Blutdruckschwankungen III. Ordnung). Die respiratorischen Blutdruckschwankungen gehen also nicht auf eine aktive Vasomotorenreaktion zurück, sondern sind atemmechanisch bedingt (MATTHES). In der Inspiration folgt einer Füllungszunahme des rechten Vorhofs eine Vergrößerung des Schlagvolumens des rechten Herzens. Nach einer Latenzzeit, die durch die Lungenpassage des Blutes bedingt ist, kommt es zu einer vermehrten Füllung des linken Vorhofs und danach zu einer Zunahme des Schlagvolumens des linken Herzens. In der Expiration gehen die Veränderungen dann wieder zurück.

Die respiratorischen Volumenschwankungen peripherer Hautabschnitte sind in der Hauptsache durch den wechselnden Blutgehalt des arteriellen Anteils der Gefäßbahn, sowie auch durch den wechselnden Einstrom in das Kapillargebiet bedingt. Beide werden durch den arteriellen Blutdruck bestimmt, dem die Volumenschwankungen passiv folgen.

B. Experimenteller Teil

1. Entwicklung der Elektrodenmanschette.

Zunächst wurde ein 2,5 cm breiter Kunststoffring mit einem Durchmesser von 1,75 cm verwendet, der auf der Innenseite mit einem Gummi bespannt war. Zwischen Ring und Gummi konnte Luft eingeblasen werden, so dass der Gummi sich kissenartig in die Ringlichtung vorwölbte. Als Elektroden wurden zwei etwa 0,25 cm breite Zigarettenpapierstreifen genommen. Die waren bogenförmig ausgeschnitten mit einem längeren ca. 5 cm und einem kürzeren ca. 1 cm langen Schenkel. Die längeren Schenkel der beiden Zigarettenpapierstreifen wurden an der Innenseite des Kunststoffringes auf den Gummi in Abstand von einem Zentimeter mit fünf bis sechs kleinen Heftpflasterstreifen aufgeklebt. Die kürzeren Schenkel der beiden Streifenelektroden wurden über die Ränder des Ringes auf seine Aussenfläche gebogen und dort mit je einer Ader eines Kabels verbunden, das zu einem Rheographen führte. Die Elektroden wurden dünn mit Elektrodengelee bestrichen, danach der Ring vorsichtig über einen Finger der Versuchsperson gezogen und Luft zwischen Ring und Gummi eingeblasen, bis der Ring fest am Finger sass. Schon nach wenigen Versuchen musste man erkennen, dass die Haut unter dem an der Innenseite mit dem Gummi bespannten Ring leicht schwitzte. Dadurch traten Kurzschlüsse zwischen den Elektroden auf, die eine weitere Registrierung der Volumenpulscurve unmöglich machten. Deshalb wurden zwei schmälere nur 0,5 cm breite Ringe in gleicher Weise angefertigt (s. Abb. 4 rechts). Jeder Ring trug nur noch einen Elektrodenstreifen. Beide Ringe wurden so auf einen Finger der Versuchsperson gestreift, dass zwischen ihnen etwa

ein Zentimeter des Fingers frei blieb. Diese unbedeckte Haut des Fingers schwitzte nicht, so dass Kurzschlüsse nicht mehr vorkamen. Allerdings zeigte es sich, dass die Elektrodenstreifen wegen ihrer Anhaftung mit Heftpflaster auf ihrer Unterlage, dem Gummi, nicht verschieblich waren, sich beim Aufblasen der Ringe in Falten legten und deshalb nur an einigen Stellen die Haut des Fingers berührten. Dadurch traten immer noch Störungen in der Registrierung der Volumenkurve auf. Nachteilig war auch, dass die Zigarettenpapierstreifen nicht an die Adern des Rheographenkabels angelötet werden konnten. An dieser Stelle entstand deshalb ein hoher elektrischer Widerstand.

Diese Schwierigkeiten konnten durch die Entwicklung einer Elektrodenmanschette behoben werden, die einer Blutdruckmanschette ähnlich ist. Säuglingsblutdruckmanschetten waren dazu ungeeignet, da sie sich zu schlecht am Finger anlegen. Es wurden deshalb mehrere Manschetten verschiedener Grösse aus dünnem Leinenstoff genäht, der aufblasbare Teil aus der Manschette eines Trachealtubus zusammengeklebt.

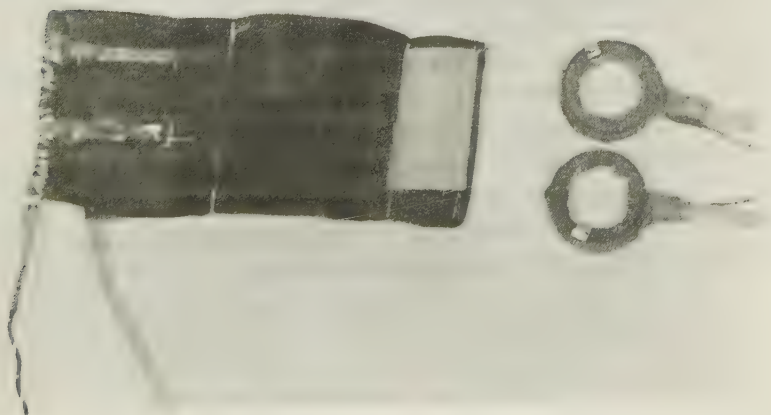


Abb. 4

Links: Elektrodenmanschette
Rechts: Elektrodenringe

Die aus einer Messingfolie ausgeschnittenen Elektroden waren 4 bis 4,5 cm lang und 0,4 bis 0,5 cm breit. Sie konnten durch Lötstellen gut mit den Adern des Kabels, das zu dem Rheographen führte, verbunden werden. Nur wenige Supramid-Schlaufen befestigten jeweils zwei Elektroden in einem Abstand von 1 bis 1,5 cm an den Manschetten, so dass die Elektroden gut auflagen und dennoch beweglich waren. Auf diese Weise lagen sie der Haut des Fingers gut an, wenn die Manschette durch einen Klettverschluss, wie er an neueren Blutdruckmanschetten heute üblich ist, um den Finger verschlossen wurde.

2. Der Versuchsaufbau.

Als Versuchsräume dienen eine Camera silens für die Versuchsperson und eine für den Untersucher und die Apparate. Zwei Tongeneratoren erzeugen die Primärtöne der Schwebungsklänge. Eine Mischstufe mischt sie zu Schwebungsklängen. Durch einen Dezibelabschwächer können die Schwebungsklänge in ihrer Intensität verändert werden. Bei Kontaktschluss durch einen Kippschalter werden die Schwebungsklänge in den Nebenraum auf einen Kopfhörer übertragen, den die Versuchsperson trägt. Am Mittelfinger der linken Hand der Versuchsperson ist eine Elektrodenmanschette befestigt. Von den beiden Elektroden führt ein Kabel in den Versuchsraum des Untersuchers zurück zu dem Rheographen. Als Registriergerät wird ein EKG-Direkt-Dreifachschreiber benutzt. Die Spannungsschwankungen am Ausgang des Rheographen werden auf den mittleren Schreiber des EKG-Apparates übertragen. Ein weiterer Kanal registriert die Atemkursionen der Versuchsperson, die durch einen Elongationsgeber der Firma Schwarzer abgenommen werden. Der dritte Kanal dient zur Reizmarkierung.

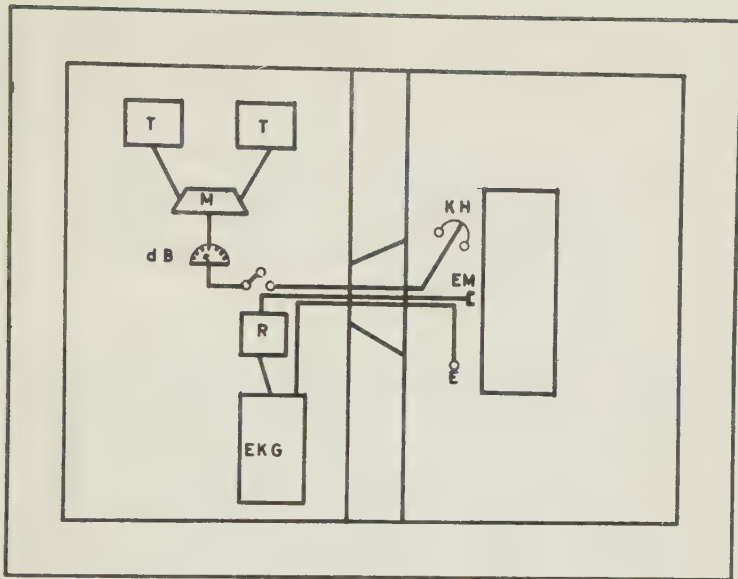


Abb. 5

Schema der Versuchsanordnung

T Tongenerator, M Mischstufe, dB Dezibelabschwächer,
KH Kopfhörer, E Elongationsgeber zur Atemregistrierung,
EM Elektrodenmanschette, Rheograph, EKG EKG-Apparat.

3. Die Versuchsbedingungen.

Um den Versuch überhaupt durchführen zu können und auch zu verwertbaren Ergebnissen zu gelangen, ist es sehr wichtig, die Kinder ruhig zu halten. Das wieder setzt genügenden Kontakt mit ihnen voraus. Gegen Sträuben eines Kindes ist es gar nicht sinnvoll, die Untersuchung durchzuführen; denn kann ein Kind zu dem Versuch bewegt werden, obwohl es noch ängstlich und unruhig ist, so treten Störungen im Ablauf

der Volumenpulskurve auf und ihr Ergebnis ist nicht zu verwerten. Es ist deshalb günstig, wenn der Untersucher die Kinder schon auf der Station kennenlernt, mit ihnen spricht und sie auch persönlich von dort in die Camera silens bringt, um so ihr Vertrauen zu gewinnen. Die Untersuchungen zeigen auch, dass es vorteilhaft ist, die Kinder nicht einzeln zu dem Experiment zu holen, sondern paarweise, am besten ein älteres Kind (Schulkind) mit einem jüngeren Kleinkind. Auch der gute Einfluss der Krankenschwestern der Station wirkt sich günstig aus.

Eine der wichtigsten Versuchsbedingungen ist es, möglichst alle unerwünschten äusseren Reize auszuschalten. Deshalb werden die Untersuchungen nur in der Mittagszeit oder am Abend durchgeführt, wenn es in der Klinik und vor allem in dem Stockwerk über den Versuchsräumen ruhig ist. Die Verwendung schallarmer Räume zu den Untersuchungen schaltet äussere akustische Reize weitgehend aus. Wird, wie in den meisten Fällen, gleichzeitig noch ein zweites Kind von der Station abgeholt, so bleibt es während des Experimentes bei dem Untersucher in dem zweiten Raum. Der Versuchsraum, in dem die Versuchsperson allein liegt, soll abgedunkelt sein, um auch äussere optische Reize zu vermeiden. Bei Kindern scheint es jedoch sinnvoll, eine Lampe im Versuchsraum brennen zu lassen, damit sich die Kinder nicht ängstigen. Die Lampe ist so installiert, dass sie von den Kindern nicht direkt gesehen wird. Um auch kleineren Kindern (den vierjährigen) die Angst zu nehmen, bleibt bei ihnen die Tür des Versuchsraumes offen. Dies hat keinen Einfluss auf die Untersuchungsergebnisse, weil die Tür des Versuchsraumes in einen dritten schallarmen Raum führt, in dem sich während des Experimentes niemand aufhält. Nur in einigen Fällen, wenn sich ein Kind auch dann noch nicht beruhigt, wenn die Tür offen ist, bleibt zur Beruhigung des Kindes eine dritte Person in dem Untersuchungsraum. Sie hat sich jedoch vollkommen ruhig zu verhalten und muss für das untersuchte Kind unsichtbar bleiben.

Um willkürliche Bewegungen des Kindes zu vermeiden, wird es bequem auf eine Liege gelegt, deren Kopfteil hochgestellt ist, so dass das Kind bei allen Versuchsvorbereitungen zusehen kann. Besonderer Wert muss auf die bequeme Lagerung des linken Armes gelegt werden, von dessen Mittelfinger die Volumenpulskurve registriert wird. Der linke Arm ist so auf ein besonderes Polster zu lagern, dass das Polsterende mit der linken Hand locker umfasst werden kann. Spontane Bewegungen können so besonders bei den älteren Kindern weitgehend ausgeschaltet werden. Bewegt sich ein Kind trotzdem, wie es bei den kleineren Kindern oft der Fall ist, so ist eine Auswertung der Volumenpulskurve dennoch möglich; denn unwillkürliche Bewegungen bewirken ganz charakteristische Kurvenveränderungen, die mit Gefäßreaktionen nicht verwechselt werden können. Dies gilt jedoch nicht für grobe Atemschwankungen, wie den tiefen Atemzug, der ähnliche Einflüsse auf die Volumenpulskurve zeigt wie akustische Reize. Aus diesem Grund registriert ein Elongationsgeber die Atmung. Volumenschwankungen ruhiger Atmung (Wellen II. Ordnung), die bei Kindern in stärkeren Masse auftreten, machen ganz bestimmte Veränderungen in der Volumenpulskurve, die gut von den Gefäßreaktionen (Wellen III. Ordnung) zu unterscheiden sind. Bei manchen Kindern sind die respiratorischen Volumenschwankungen jedoch so stark, dass eine objektive Untersuchung nicht durchgeführt werden kann.

4. Der Versuchsablauf.

Zuerst wird von jedem Kind die Reintonschwellenkurve des rechten Ohres mit einem Atlasaudiometer bestimmt. Auch die Schwebungsklänge werden bei den Experimenten nur auf das rechte Ohr übertragen. Bei kleineren Kindern, den Vierjährigen und einem Teil der Fünfjährigen, muss vorher eine spielaudiometrische Untersuchung durchgeführt werden.

Nun wird das Kind im Versuchsraum bequem auf einer Liege gelagert und der linke Arm gut unterpolstert. Die linke Hand umgreift locker das Ende des Armpolsters. Der Finger der linken Hand, an dem die die Elektrodenmanschette angelegt werden soll - meist ist es der Mittelfinger -, wird mit einem Alkohol-Äther-Gemisch abgerieben. Dies geschieht, um die Haut des Fingers zu trocknen und so mögliche Kurzschlüsse durch Schweiss zwischen den Elektroden zu vermeiden. Nach Abreiben mit dem Alkohol-Äther-Gemisch schwitzt bei Verwendung der Elektrodenmanschette aus Leinwandstoff der Finger nicht im Gegensatz zur Benutzung der Ringelektrodenhalter, die ja an der Innenfläche mit einem Gummi bespannt sind.

Jetzt wird eine der Elektrodenmanschetten, deren Elektroden zuvor dünn mit Elektrodengelee bestrichen werden, an den Finger angelegt. Beim Anlegen der Manschette können sich die Elektroden auf ihrer Unterlage verschieben und sich so dem Finger gut anlegen, da sie nur locker unter Führung einiger Supramid-Schlaufen auf der Manschette befestigt sind. Bei den Versuchen von KOTTMEYER zeigte die Entlastungsplethysmographie die grössere Empfindlichkeit. Dabei hebt ein Überdruck von 40 mm Hg die Wandspannung der Arteriolen, bei denen sich die Gefässreaktion nach akustischen Reizen am deutlichsten auswirkt, auf, so dass sich Volumenschwankungen am empfindlichsten übertragen lassen. Aus diesem Grunde werden auch bei diesen rheographischen Untersuchungen die Elektroden mit einem Druck von 40 mm Hg, gemessen mit einem Manometer, an den Finger angepresst. Nach wenigen Versuchen zeigt es sich, dass ein Entlastungsdruck bei rheographischen Untersuchungen keine grössere Empfindlichkeit bringt. Um aber alle Untersuchungen unter gleichen Bedingungen durchzuführen, werden auch bei allen weiteren Versuchen die Elektroden mit einem Druck von 40 mm Hg belastet. Dadurch wird der Anliegedruck konstant gehalten, und man hat auch eine Kontrolle, dass die arterielle Blutzufuhr nicht gedrosselt ist.

Nun werden die Elongationsgeber angelegt und die Kopfhörer aufgesetzt. Es muss darauf geachtet werden, dass die Kopfhörer dem Kopf des Kindes gut anliegen, da sie äussere Schallreize bis zu einer Intensität von 40 dB abschirmen können.

Zunächst wird nun die Brücke des Rheographen, wie oben beschrieben, abgestimmt. Dies ist erreicht, wenn während des Druckes der Abgleichtaste die dunklen Bereiche des magischen Auges am grössten sind. Das Loslassen der Abgleichtaste führt zu der geringen, aber notwendigen Verstimmung der Brücke.

Die Papiergeschwindigkeit des EKG-Apparates wird relativ langsam gewählt, da ja nur auf die Registrierung der Volumenschwankungen III. Ordnung Wert gelegt wird. Danach werden die Tongeneratoren auf die richtigen Frequenzen eingestellt : 250, 1 000, 2 000, 4 000 oder 8 000 Hz.

Beim Mischen von reinen Tönen kommt es zu sekundären Klangerscheinungen und Kombinationstönen. Liegen zwei Töne frequenzmässig sehr nahe beisammen, so hört das menschliche Ohr nicht jeden Ton getrennt, sondern einen einzigen fluktuierenden Ton, den sogenannten Zwischenton nach STUMPF, der Träger der Schwebungen ist. Erzeugt man die Primärtöne mit Tongeneratoren, so vernimmt das Gehör neben dem Zwischenton auch die Primärtöne, wenn auch etwas leiser (KOTTMEYER). Schwebungen von Primärtönen gleicher Intensität wechseln nur in ihrer Intensität, Schwebungen von Primärtönen ungleicher Intensität wechseln in Intensität und Tonhöhe. Liegen die Primärtöne mehr als 20 Hz auseinander, so treten weitere Summations- oder Kombinationstöne auf.

Die Intensität der Schwebungsklänge, die sich durch einen Dezibelabschwächer einstellen lassen, wird entsprechend der Reintonschwellenkurve eingestellt. Da die objektive Hörschwelle immer über der subjektiven liegt, brauchen niedrigere

Intensitäten nicht geprüft werden. Bewirkt der Schallreiz keine Gefässreaktion, so wird noch bei einer höheren Intensität geprüft, bis eine Gefässreaktion auftrat.

Die Frequenzen folgen so aufeinander, dass der Frequenzunterschied zwischen der vorausgegangenen und der folgenden Frequenz möglichst gross ist, weil auf Grund der Neuheit die Affektivität der Schallreize zunimmt. Dies ist bei folgender Frequenzfolge der Fall: 1 000, 8 000, 2 000, 250, 4 000 Hz. Durch den Kontaktschluss eines Kippschalters wird der Schallreiz auf den Kopfhörer übertragen. Dabei muss darauf geachtet werden, dass beim Kontaktschluss keine Brummeinstreuung oder Kontaktnacken auftritt. Der akustische Reiz wird jedoch nur dann eingeschaltet, wenn die Volumenpulscurve einen ruhigen Verlauf zeigt und keine spontanen Volumenschwankungen auftreten, das Kind also ruhig ist und gleichmässig atmet. Die Dauer des Schallreizes beträgt 10 bis 20 Sekunden. WechselstromEinstreuung auf den dritten Kanal des EKG-Apparates dient zur Reizmarkierung. Das Intervall zwischen zwei Reizen beträgt 60 Sekunden. Bei zu kurzen Intervallen leidet die Affektivität der Schallreize. Sind die Intervalle länger, so nimmt die Neuheit der Reize zu, wie auch die Erwartungsspannung, die durch den Reiz dann gelöst wird. Zu lange Intervalle lassen das Kind aber meist ungeduldig und unruhig werden. Nach der ersten Darbietung aller fünf Prüfungsfrequenzen sucht der Untersucher das Kind kurz auf, damit es nicht zu lange Zeit allein bleiben muss. Danach folgt ein zweiter Durchgang. Frequenzen, die im ersten Durchgang keine positive Reaktionen brachten, werden nun mit einer höheren Intensität dargeboten. Bleiben Frequenzen auch im zweiten Durchgang trotz Intensitätserhöhung ohne Gefässreaktion, so werden diese Frequenzen in einem dritten Durchgang mit noch höherer Lautstärke wiederholt. Ein etwa notwendiger vierter Durchgang kann meist nicht durchgeführt werden, weil mit Zunahme der Versuchsdauer die Kinder immer unruhiger werden. Die gesamte Versuchsdauer beträgt nie mehr als 30 bis 35 Minuten.

Da auch die verschiedenen Tageszeiten einen Einfluss auf die Blutfüllung der peripheren Gefäße haben, werden die Untersuchungen vor und nach Medikation von Thioridazin bei den gleichen Kindern immer zur gleichen Tageszeit durchgeführt.

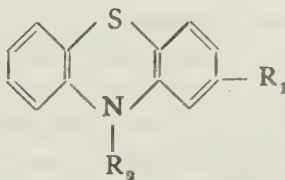
C. Pharmakologischer Teil

1. Chemie und Pharmakologie der Phenothiazine

Wie schon gesagt, stören willkürliche Bewegungen der Versuchspersonen diese objektiven Höruntersuchungen. Deshalb wird ein Pharmakon gesucht, das die Motorik dämpft, ohne gleichzeitig psychische Funktionen, wie Konzentration und Aufmerksamkeit, zu beeinträchtigen. Neuroplegica haben bei dieser Indikation den entscheidenden Vorzug, nicht das Bewusstsein (Wachheit) zu beeinflussen, während die üblichen Sedativa (oder "Tranquillizer") grundsätzlich nach dem Prinzip einer "unterschwelligten Narkose" wirken (BAUMANN).

Als Neuroplegica oder Neuroleptica bezeichnet man psychiatrisch verwendete Pharmaka, die zu einer "Reduktion des zentralnervösen Grundtonus" (JANET) führen und "schlafanstossend" wirken, ohne die geistigen Funktionen nennenswert zu beeinflussen (HAUSCHILD). Zu den Neuroplegica zählt man auch das Phenothiazin und seine Derivate (HAUSCHILD).

Das Phenothiazin ist charakterisiert durch eine Dreiringstruktur mit einem Stickstoff- und einem Schwefelatom. Die Phenothiazinderivate sind von dieser Struktur abgeleitet mit Substitutionsunterschieden in den Stellungen 3 und 10 (R_1 und R_2 in der Strukturformel).



Phenothiazin

Phenothiazin ist ein in Wasser schlecht und in Alkohol und Lipoiden gut lösliches Pulver. Infolge oxydativer Zersetzung ist es lichtempfindlich. Auch an der Luft wird es oxydiert. Im Darm wird 50 % der verabreichten Menge resorbiert. Die Elimination vollzieht sich durch die Niere teils unverändert, teils oxydiert oder als Leukobasen; aber man findet es auch in der Galle und der Milch.

Die Hauptwirkungen sämtlicher Phenothiazine betreffen das zentrale und vegetative Nervensystem. Zum Teil sind sie recht wirksame Antihistaminica und Serotoninantagonisten. Je nach Art der Substitution tritt das eine oder das andere in den Vordergrund. Interesse erlangten die meisten Phenothiazinderivate wegen ihrer zentralen Angriffspunkte. Am wichtigsten sind die sedativen bzw. neuroleptischen Wirkungen, die Potenzierung der Wirkungen der Hypnotica, Narkotica und Analgetica, die bei potenzierten Narkosen und Schlafkuren ausgenutzt wird, die depressive Beeinflussung der zentralen Wärmeregulation (Hypothermie) und die antiemetischen Wirkungen.

So hemmt Chlorpromazin die Erregbarkeit der Formatio reticularis. Die Menschen werden apathisch, die motorische Aktivität ist herabgesetzt, der Tonus der quergestreiften Muskulatur vermindert. Es besteht eine Schlafneigung; jedoch sind Aufmerksamkeit, Gedankenkonzentration und Reaktionszeit im Gegensatz zur Wirkung der Hypnotica nicht nennenswert reduziert. Erregung und Angst verschwinden (HAUSCHILD).

In der Peripherie wirken Phenothiazine mehr oder weniger antiadrenergisch, anticholinergisch, antihistaminisch und serotoninantagonistisch. So kommt es nach Chlorpromazin zu einem Blutdruckabfall, der auch peripher bedingt ist. Hauptursachen für den Blutdruckabfall und die Hemmung der blutdruckregulierenden Reflexe ist die zentrale Beeinflussung der Kerngebiete des Sympathicus und Parasympathicus. Die Herzfrequenz wird beschleunigt. Infolge ausgedehnter Dilatation der Arteriolen sinkt der periphere Widerstand.

Als Nebenwirkungen der Phenothiazinderivate wird eine reversible Leberschädigung mit Cholestase und Ikterus beschrieben. Daneben besteht die Gefahr einer Agranulocytose, Allergien, einer orthostatischen Hypotension und bei längerer Applikation extrapyramidalen Störungen (Pseudo-Parkinson). Kontraindikation besteht bei akutem Alkoholausschlag oder Schlafmittelvergiftung wegen der potenzierenden Wirkungen der Phenothiazine. Vorsicht ist bei Vorschädigungen der Leber geboten, da die Phenothiazinwirkung verstärkt wird. Deshalb vermutet man in der Leber den Ort des Hauptabbaues (HAUSCHILD, HIPPIUS, OPITZ). Über den Wirkungsmechanismus der zentralen und peripheren Wirkungen ist noch nicht viel bekannt. Man vermutet einen primär hemmenden Einfluss auf die Zellfunktion. Eine entkoppelnde Wirkung auf die oxydative Phosphorylierung und Atmung konnten BERGER, STRECKER u. Mitarb. 1956 nachweisen.

2. Chemie und Pharmakologie des Thioridazin.

Bei den eigenen Untersuchungen wurden M e l l e r e t t e n² (Sandoz) verwendet. Wirkstoff ist ein Derivat des Phenothiazin, das T h i o r i d a z i n : 3-Methylmercapto-10-2-(N-methyl-piperidyl-(2''))-äthyl-(1)-Phenothiazin mit folgender Strukturformel:

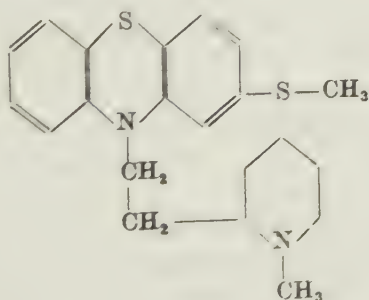


Abb. 7
Strukturformel von Thioridazin

In der Stellung 3 ist ein Thiomethylrest substituiert, an der Stellung 10, am Ringstickstoff, eine N-methyl-piperidyl-äthyl-Seitenkette angehängt. Die Art der Substitution in Stellung 3 und 10 ist für die pharmakologisch-klinische Wirksamkeit von besonderer Bedeutung. Wirkungsbeginn und Wirkungsdauer liegen zwischen zwei und vier Stunden. Bei mehrfacher Applikation lässt sich ein gewisser Summierungseffekt nachweisen (MAYER).

Untersuchungen von M. TAESCHLER u. A. CERLETTI an Mäusen nach Verabreichung von Thioridazin haben ergeben, dass eine ziellose Amphetaminerregung, ein ausserhalb des Tagesrhythmus liegender Hungerantrieb oder ein bedingtes Verhalten (z.B. eine nicht mehr notwendig gewordene Fluchtreaktion) gehemmt werden. Die suchtriebbedingte Aktivität, der reguläre Hungerantrieb oder das unbedingte Verhalten, wie die Flucht auf einen elektrischen Schmerzreiz, werden nicht oder nur gering gedämpft. Thioridazin zeigt also keinen generellen sedativen Effekt. Vielmehr hemmt das Präparat unzweckmässige und unphysiologische Reaktionen spezifischer und stärker als die auf Selbsterhaltung ausgerichtete normale Aktivität. Die vegetativen Wirkungen sind zentral bedingt und beeinflussen den adrenergischen wie vegetalen Bereich. Die Selektivität der vegetativen Wirkungen ist nicht zu beweisen, wird aber wahrscheinlich, da Thioridazin nicht die Darmaktivität dämpft, wohl aber die emotionelle Defäkation und die Magensekretion. Die Pupillengrösse der ruhenden Tiere oder die Mydriase nach Atropin werden nicht beeinflusst, wohl aber die Morphinmydriase. Kleine Dosen unterdrücken die zweckmässige, unbedingte Fluchtreaktion nicht, dagegen aber die sie begleitende psychische Spannung und die vegetativen Folgeerscheinungen. Im Vergleich zu Chlorpromazin wirkt Thioridazin am Tier schwächer kataleptisch. Parkinson-Erscheinungen am Menschen sind äusserst selten. Auch die motorisch dämpfenden und die narkosepotensierenden Wirkungen sind viel schwächer als bei Chlorpromazin, Apathie und Somnolenz viel seltener. Trotz dieser relativ schwächeren allgemein

dämpfenden Effekte muss nach klinischer Erfahrung Thioridazin in gleicher Dosis wie Chlorpromazin verabreicht werden (TAESCHLER u. CERLETTI).

In der Paedopsychiatrie beschreibt JACOBS eine gezielte Wirkung des Thioridazin auf die emotionelle Erregbarkeit ohne eine allgemein sedative Wirkung und ohne Beeinträchtigung der Funktionen, wie Antrieb, Wille und Intellekt. Nach RENTSCH wirkt Thioridazin nicht analgetisch, potenziert aber die Wirkung der Analgetica, wie auch der Narcotica und Sedativa. MAYER weist auf die persönlichkeitspezifische, von der psychischen Ausgangslage bestimmten Wirkung hin. Gerade bei Antriebsarm-ge-spannten wird subjektiv keine Leistungsminderung, jedoch eine wohltuende Entspannung und Lockerung erlebt. Leistungsschwankungen fallen bei ihnen weg, ohne gleichzeitig zu einer Antriebs- und Leistungsminderung zu führen. Störungen der interlektuellen Fähigkeiten treten nicht auf. Bei hohen Dosen (350 mg) von Thioridazin werden Aufgaben, deren Lösung konzentrierte Zuwendung und anhaltende, gedankliche Durchdringung erfordern, schlechter bewältigt. Aufgaben, bei denen es auf geistige Wendigkeit, Beweglichkeit und Lockerheit in der Anpassung ankommt, werden gerade von sehr Gespannten besser gelöst. Auffassungssicherheit, Aufmerksamkeit und Konzentration verändert die Verordnung von 20 bis 60 mg Thioridazin nicht so weit, dass eine erhöhte Neigung zu Fehlleistungen verursacht wird. Extrapiramidale Störungen, Leberschädigungen oder gar Ikterus, Allergien und Veränderungen des Blutbildes konnten RENTSCH und JACOBS nicht beobachten, Apathie und Somnolenz leichten Grades nur selten.

Thioridazin wird bei den eigenen Untersuchungen in Form von Tabletten, Tropfen oder Saft je nach Alter des Kindes verabreicht. Die vier- und fünfjährigen bekommen morgens und mittags je 10 mg, abends ein bis zwei Stunden vor der Untersuchung 20 mg Thioridazin, die sechs- und siebenjährigen morgens 10 mg, mittags und abends je 20 mg, die acht- bis zwölfjährigen morgens und mittags je 20 mg, abends 30 mg Thioridazin. Wird

die Untersuchung in der Mittagszeit durchgeführt, verschiebt sich die Applikation auf den Abend vor dem Untersuchungstag, den Morgen des Untersuchungstages und den Mittag ein bis zwei Stunden vor der Untersuchung.

D. Ergebnisse

1. Versuchsergebnisse in Tabellen

Der Errechnung der Standardabweichung liegt folgende Formel (nach SOLTH) zugrunde:

$$s = \sqrt{\frac{\sum a^2}{n} - \left(\frac{\sum a}{n}\right)^2}$$

s = Standardabweichung

a = Einzelwert

n = Zahl der Versuchspersonen (Vp)

Der Ermittlung des mittleren Fehlers liegt folgende Formel zugrunde:

$$f_m = \frac{s}{\sqrt{n-1}}$$

f_m = mittlerer Fehler

s = Standardabweichung

n = Zahl der Versuchspersonen (Vp)

Altersgruppe I

Zahl der Versuchspersonen	Ab- so- lut m/Vp	Gesamtzahl der Reize vor nach Thioridazingabe		Positive Reaktionen vor nach Thioridazingabe		Negative Reaktionen vor nach Thioridazingabe	
		1 8 9	1 8 8	1 5 0	1 4 3	3 9	4 5
17		11,12	11,06	8,82	8,41	2,29	2,65
				=79,4%	=76,1%	=20,6%	=23,9%
	s	1,92	1,82	2,45	1,79	1,70	1,26
	fm	0,48	0,46	0,61	0,45	0,43	0,32

Differenz zwischen subjektiver Hörschwelle und der objektiven Schwebungsklangschwelle vor und der nach Thioridazingabe (in dB).

Hz	250		1000		2000		4000		8000	
	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh
m	11,18	14,12	13,53	15,29	12,35	15,00	12,06	15,29	12,06	15,29
s	6,07	7,52	7,02	8,31	7,12	8,48	5,70	8,31	5,96	7,77
fm	1,52	1,88	1,75	2,08	1,78	2,18	1,43	2,08	1,49	1,94

Zahl der Versuchspersonen 17 (2 x getestet) = 34	Ab- so- lut m/Vp	Gesamtzahl der Reize vor und nach Thioridazingabe		Positive Reaktionen vor und nach Thioridazingabe		Negative Reaktionen vor und nach Thioridazingabe	
		3 7 7		2 9 3		8 4	
		11,04		8,62		2,41	
				=77,7%		=22,3%	
	s	2,14		2,14		1,90	
	fm	0,37		0,37		0,33	

Differenz zwischen subjektiver Hörschwelle und beiden objektiven Schwebungsklangschwellen (in dB).

Hz	250		1000		2000		4000		8000	
	vTh u. nTh		vTh u. nTh		vTh u. nTh		vTh u. nTh		vTh u. nTh	
m	12,65		14,41		13,64		13,68		13,68	
s	6,99		7,74		7,90		7,30		7,09	
fm	1,20		1,32		1,37		1,25		1,21	

Differenz zwischen der objektiven Schwebungskl. gschwelle vor und der nach Thioridazingabe (in dB).

Hz	250	1000	2000	4000	8000
m	2,94	1,76	1,88	3,24	3,24
s	6,29	6,85	3,48	6,85	4,17
fm	1,57	1,71	0,90	1,71	1,04

Tab. 1

m/Vp = Mittelwert pro Versuchsperson, m = Mittelwert,
s = Standardabweichung, fm = mittlerer Fehler,
vTh = vor Thioridazingabe, nTh = nach Thioridazingabe.

Altersgruppe II

Zahl der Versuchspersonen	Ab-solut m/Vp	Gesamtzahl der Reize vor und nach Thioridazingabe		Positive Reaktionen vor und nach Thioridazingabe		Negative Reaktionen vor und nach Thioridazingabe	
		1 6 6	1 7 4	1 2 1	1 3 5	4 5	3 9
17	m/Vp	9,76	10,24	7,12	7,94	2,65	2,29
	s	1,95	1,22	-72,9%	-77,6%	-27,1%	-22,4%
	fm	0,49	0,31	1,48	1,64	1,45	1,30
				0,37	0,41	0,36	0,33

Differenz zwischen subjektiver Hörschwelle und der objektiven Schwebungsklangschwelle vor und der nach Thioridazingabe (in dB).

Hz	250		1000		2000		4000		8000	
	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh
m	7,94	10,29	7,19	10,00	7,81	12,00	7,06	10,00	7,81	11,76
s	3,00	5,81	3,03	4,33	4,32	8,12	3,00	5,00	3,05	6,64
fm	0,75	1,45	0,78	1,12	1,12	2,71	0,75	1,29	0,79	1,66

Zahl der Versuchspersonen 17 (2 x getestet) = 34	Ab-solut m/Vp	Gesamtzahl der Reize vor und nach Thioridazingabe		Positive Reaktionen vor und nach Thioridazingabe		Negative Reaktionen vor und nach Thioridazingabe	
		3 4 0		2 5 6		8 4	
	m/Vp	10,00		7,53		2,47	
	s	1,55		-75,3%		-24,7%	
	fm	0,27		1,61		1,41	
				0,28		0,24	

Differenz zwischen subjektiver Hörschwelle und beiden objektiven Schwebungsklangschwellen (in dB).

Hz	250		1000		2000		4000		8000	
	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh
m	9,12		8,59		9,84		8,48		9,85	
s	4,76		4,00		6,77		4,36		5,56	
fm	0,81		0,71		1,21		0,76		0,97	

Differenz zwischen der objektiven Schwebungsklangschwelle vor und der nach Thioridazingabe (in dB).

Hz	250		1000		2000		4000		8000	
	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh
m	2,35		3,33		3,21		3,13		4,06	
s	3,89		2,98		5,22		4,28		4,75	
fm	0,97		0,80		1,45		1,11		1,23	

Tab. 2

m/Vp = Mittelwert pro Versuchsperson, m = Mittelwert,
s = Standardabweichung, fm = mittlerer Fehler,
vTh = vor Thioridazingabe, nTh = nach Thioridazingabe.

Altersgruppe III

Zahl der Versuchspersonen		Gesamtzahl der Reize vor nach Thioridazingabe		Positive Reaktionen vor nach Thioridazingabe		Negative Reaktionen vor nach Thioridazingabe	
		1 7 3	1 8 1	1 4 5	1 4 8	2 8	3 3
17	Ab- so- lut m/Vp	10,18	10,65	8,53 =83,8%	8,71 =81,8%	1,65 =16,2%	1,94 =18,2%
	s	1,79	1,22	1,64	1,22	1,22	1,18
	fm	0,45	0,31	0,41	0,31	0,31	0,30

Differenz zwischen subjektiver Hörschwelle und der objektiven Schwebungsklangschwelle vor und der nach Thioridazingabe (in dB).

Hz	250		1000		2000		4000		8000	
	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh
m	10,00	15,00	9,41	14,06	10,29	15,63	10,29	14,71	10,29	14,41
s	4,85	8,22	5,39	7,55	5,28	8,26	5,00	7,94	5,00	8,02
fm	1,21	2,06	1,36	1,95	1,32	2,13	1,25	1,99	1,25	2,01

Zahl der Versuchspersonen 17 (2 x getestet)	Ab- so- lut m/Vp	Gesamtzahl der Reize vor und nach Thioridazingabe		Positive Reaktionen vor und nach Thioridazingabe		Negative Reaktionen vor und nach Thioridazingabe	
		3 5 4		2 9 3		6 1	
		10,41		8,62 =82,8%		1,79 =17,2%	
	s	1,48		1,45		1,22	
	fm	0,25		0,25		0,21	

Differenz zwischen subjektiver Hörschwelle und beiden objektiven Schwebungsklangschwellen (in dB).

Hz	250		1000		2000		4000		8000	
	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh
m	12,50		11,67		12,88		12,50		12,35	
s	7,20		6,92		7,39		6,99		7,00	
fm	1,23		1,20		1,29		1,20		1,20	

Differenz zwischen der objektiven Schwebungsklangschwelle vor und der nach Thioridazingabe (in dB).

Hz	250	1000	2000	4000	8000
m	5,00	4,38	5,00	4,41	4,12
s	5,42	4,96	5,87	5,12	5,20
fm	1,36	1,29	1,52	1,28	1,30

Tab. 3

m/Vp = Mittelwert pro Versuchsperson, m = Mittelwert,
s = Standardabweichung, fm = mittlerer Fehler,
vTh = vor Thioridazingabe, nTh = nach Thioridazingabe.

Altersgruppen I + II + III

Zahl der Versuchspersonen	Absolut m/Vp	Gesamtzahl der Reize vor und nach Thioridazingabe		Positive Reaktionen vor und nach Thioridazingabe		Negative Reaktionen vor und nach Thioridazingabe	
		5 2 8	5 4 3	4 1 6	4 2 6	1 1 2	1 1 7
51		10,35	10,65	8,16 =78,8%	8,35 =78,5%	2,20 =21,2%	2,29 =21,5%
	s	1,95	1,41	2,02	1,64	1,52	1,30
	fm	0,27	0,20	0,28	0,23	0,21	0,18

Differenz zwischen subjektiver Hörschwelle und der objektiven Schwebungsklangschwelle vor und der nach Thioridazingabe (in dB).

Hz	250		1000		2000		4000		8000	
	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh
m	9,71	13,14	10,10	13,24	10,20	14,26	9,80	13,40	10,10	13,82
s	4,98	7,53	6,04	7,19	6,00	8,78	5,16	7,64	5,15	7,62
fm	0,70	1,05	0,86	1,03	0,85	1,28	0,72	1,08	0,73	1,06

Zahl der Versuchspersonen 51 (2 x getestet) = 102	Absolut m/Vp	Gesamtzahl der Reize vor und nach Thioridazingabe		Positive Reaktionen vor und nach Thioridazingabe		Negative Reaktionen vor und nach Thioridazingabe	
		1 0 7 1		8 4 2		2 2 9	
		10,50		8,25 =78,6%		2,29 =21,4%	
	s	1,67		1,84		1,38	
	fm	0,17		0,18		0,14	

Differenz zwischen subjektiver Hörschwelle und beiden objektiven Schwebungsklangschwellen (in dB).

Hz	250		1000		2000		4000		8000	
	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh	vTh u.	nTh
m	11,42		11,62		12,16		11,58		11,98	
s	6,63		6,88		7,44		6,76		6,79	
fm	0,66		0,69		0,73		0,67		0,68	

Differenz zwischen der objektiven Schwebungsklangschwelle vor und der nach Thioridazingabe (in dB).

Hz	250		1000		2000		4000		8000	
	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh	vTh	nTh
m	3,43		3,13		3,37		3,60		3,80	
s	5,41		5,36		5,10		5,55		4,75	
fm	0,76		0,78		0,75		0,79		0,67	

Tab. 4

m/Vp = Mittelwert pro Versuchsperson, m = Mittelwert,
s = Standardabweichung, fm = mittlerer Fehler,
vTh = vor Thioridazingabe, nTh = nach Thioridazingabe.

Sondergruppe

Zahl der Versuchspersonen		Gesamtzahl der Reize	Positive Reaktionen	Negative Reaktionen
16	Ab- so- lut m/Vp	2 0 6	1 5 1	5 5
		12,88	9,44	3,44
	s	7,24	=73,3%	=26,7%
	fm	1,93	5,10	2,93
			1,36	0,78

Tab. 5

m/Vp " Mittelwert pro Versuchsperson

s = Standardabweichung, fm = mittlerer Fehler

Gesamtergebnis

aller Gruppen

Zahl der Versuchspersonen		Gesamtzahl der Reize	Positive Reaktionen	Negative Reaktionen
67 (davon 58 2 x getestet) = 118	Ab- so- lut m/Vp	1 2 7 7	9 9 3	2 8 4
		10,82	8,42	2,40
	s	3,21	=77,8%	=22,2%
	fm	0,30	2,57	1,73
			0,24	0,16

Tab. 6

m/Vp = Mittelwert pro Versuchsperson,

s = Standardabweichung, fm = mittlerer Fehler

2. Besprechung der Versuchsergebnisse.

In einem Zeitraum von August 1962 bis Februar 1963 werden bei 95 normalhörenden Kindern im Alter von vier bis zwölf Jahren die objektiven Hörschwellen vor und nach Verabreichung von Thioridazin bestimmt. Die Kinder stammen alle aus dem Krankengut der Universitäts-Hals-Nasen-Ohren-Klinik, Marburg/Lahn. Bei den ersten 20 Kindern zeigen die Elektrodenhalter noch Mängel, so dass die Untersuchung nicht wie vorstehend beschrieben durchgeführt werden kann. Bei 75 Kindern, die in drei Altersklassen eingeteilt sind, kann die Bestimmung der objektiven Hörschwelle nach Verabreichung von Thioridazin wiederholt werden. Der Untersucher trifft keine besondere Auswahl, sondern untersucht zwischen September 1962 und November 1962 alle stationär aufgenommenen, normalhörenden Kinder des angegebenen Alters, so dass in statistischer Hinsicht wohl von einer "zufälligen Stichprobe" gesprochen werden kann. Nur in der Altersklasse der vier- bis fünfjährigen müssen im Januar und Februar 1963 noch Untersuchungen von vier Kindern nachgeholt werden, damit alle drei Altersklassen die gleiche Anzahl von 17 verwertbaren Untersuchungen haben.

Bei 14 Kindern können die Untersuchungen nicht verwertet werden: die Volumenpulskurven dreier Kinder zeigen sehr starke Atemschwankungen (Wellen II. Ordnung) und bei einem Kind Wechselstromestreunungen; zehn Kinder können durch gar keine Massnahme zum ruhigen Liegen bewegt werden, zwei fangen sogar zu weinen an.

Die Volumenpulskurven einer weiteren Gruppe von zehn Kindern lassen sich nicht zu einem Vergleich der subjektiven und objektiven Hörschwelle verwenden, da es sich bei der Auswertung herausstellt, dass nicht genügend Frequenzen eine Gefäßreaktion ausgelöst haben, eine objektive Hörschwelle deshalb nicht bestimmt ist. In die Statistik der Reizerfolge können die Volumenpulskurven dieser Kinder jedoch eingereiht werden. Sie werden mit sechs Kindern aus der Reihe der Vorversuche, die brauchbare Ergebnisse liefern, bei denen aber Thioridazin noch nicht verwendet wurde, in einer "Sondergruppe" zusammengefasst (s. Tab. 5).

Aus den Volumenpulskurven von 51 Kindern (68% aller 75 Kinder) lässt sich die objektive Hörschwelle ablesen und mit der subjektiven vergleichen. In der Altersklasse I sind die vier- und fünfjährigen, in der Altersklasse II die sechs- und siebenjährigen, in der Altersklasse III die acht- bis zwölfjährigen Kinder. Jede Altersklasse umfasst 17 Kinder. Das sind in der Altersklasse I 60,7 %, in der Altersklasse II 73,9 %, in der Altersklasse III 70,8 % aller untersuchten Kinder mit dem entsprechenden Alter.

Vor und nach Verabreichung von Thioridazin werden Volumenpulskurven geschrieben mit herzsynchronen Volumenschwankungen mit einer meist deutlichen Incisur im katakroten Schenkel, Atemschwankungen (Wellen II. Ordnung) und Wellen III. Ordnung. Ausserdem wird die Atmung der Kinder registriert.

Eine Gefässreaktion, die durch einen akustischen Reiz ausgelöst wird, zeigt eine deutliche Amplitudenverkleinerung, der oft eine kurzdauernde Amplitudenzunahme vorausgeht. Die Amplitudenverkleinerung beruht auf einer geringeren Weitung der Arteriolen durch die Pulswelle. Ursache für die

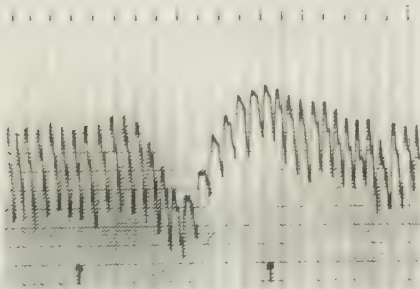


Abb. 8

Gefässreaktion nach einem akustischen Reiz.

Vp. Nr. 62 6 J. 1 000 Hz

subjektive Hörschwelle (sH) bei 5 dB, objektive Hörschwelle vor Thioridazingabe (oHvTh) bei 15 dB.

geringere Weitung der Arteriolen ist die Tonuserhöhung der Vasomotoren. Diesen Vasomotorenreflex lösen die akustischen Reize über das Vasomotorenzentrum aus (MATTHES, POLZER u. SCHUHFRIED). Die Dauer der Amplitudenverkleinerung schwankt zwischen 10 und 20 Sekunden. Jedoch werden auch Werte um 30 Sekunden gemessen.

Gleichzeitig mit der Amplitudenabnahme sinkt meist die Volumenpulscurve unter ihre Basislinie (s. Abb. 8). Dies kann als Abnahme des Blutgehaltes im Messbereich gedeutet werden. Ihre Dauer beträgt 5 bis 15 Sekunden mit Extremwerten bis 20 Sekunden. Sie ist fast immer kürzer als die Dauer der Amplitudenabnahme. Bei 7,5 % aller Schallreize, die eine Gefäßreaktion auslösen, fehlt diese Kurvenveränderung, relativ häufiger bei Kindern, die schwache Gefäßreaktionen aufweisen.

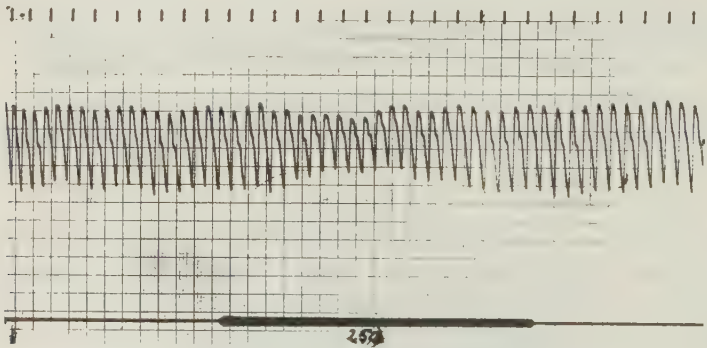


Abb. 9

Gefäßreaktion ohne Absinken der Volumenpulscurve unter ihre Basislinie, nur mit einer Amplitudenverkleinerung Vp.Nr.74 7 J. 250 Hz SH bei 20 dB, objektive Hörschwelle nach Thioridazingabe (oHnTh) bei 35 dB.

Ausserdem werden in fast 13 % aller akustischen Reize, die einen Reizerfolg zeigen, auch noch Nachschwankungen festgestellt, relativ häufiger bei Kindern, die sehr deutliche Gefäßreaktionen

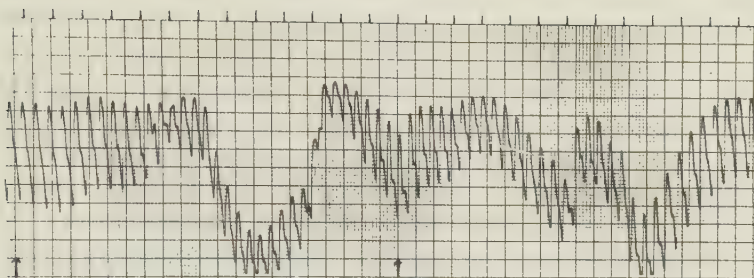


Abb. 10

Gefäßreaktion mit Nachschwankungen

Vp. Nr.50 5 J. 4 000 Hz sH bei 5 dB, oHnTh bei 20 dB

haben. Dabei wechseln Amplitudenverkleinerung und -vergrößerung mehrmals innerhalb einer Gefäßreaktion. Die Amplitudendifferenzen werden hierbei immer kleiner.

Da die Kinder während der Untersuchung in einem schallarmen, nur wenig beleuchteten Raum lagen, treten Spontanschwankungen recht selten auf.

Während der Gefäßreaktion auf einen akustischen Reiz wird oft sehr augenfällig eine Verlängerung der Pulsdauer festgestellt.

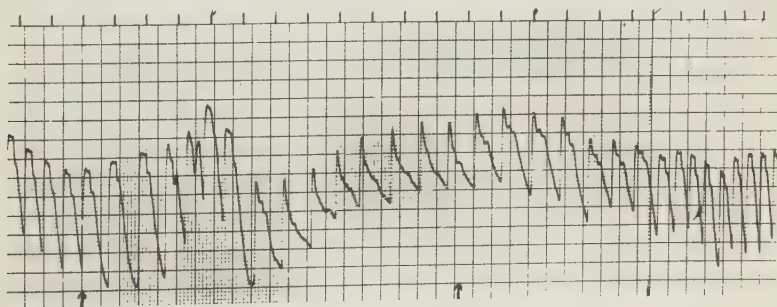


Abb. 11

Verlängerung der Pulsdauer während der Gefäßreaktion:
von 90/Min vor der Gefäßreaktion sinkt die Pulsfrequenz
auf 72/Min während der Gefäßreaktion ab; danach steigt
sie wieder auf 90/Min. Vp.Nr.51 6 J. 4000 Hz sH b.45 dB,
oHvTh bei 50 dB

Da sie meist nur fünf bis zehn Pulsschläge anhält, wird auf ihre Auswertung verzichtet (vergl. MENTZ).

Als positiv gilt eine Gefäßsreaktion, wenn die Amplitude der Pulswelle mindestens um 20 % ihres Wertes vor der Reaktion abnimmt. Fast 78 % aller Schallreize lösen eine positive Gefäßsreaktion aus.

In der Rubrik "negative Reaktionen" werden nicht nur die Reize eingereiht, auf die nachweislich keine Gefäßsreaktion folgt, sondern auch solche, bei denen die Volumenpulskurve einen unruhigen Verlauf aufweist, z.B. wenn sich das Kind bewegt (s. Abb. 15). Auch bei sehr starken Atemschwankungen der Volumenpulskurve können Schallreize nicht ausgewertet werden (s. Abb. 16a u. 16b). Mittlere und schwache Atemschwankungen überlagert die Gefäßsreaktion deutlich oder schwächt sie sogar ab. Bei einer Abschwächung der Atemschwankungen scheint eine Einwirkung des akustischen Reizes auf die Atmung zu bestehen.

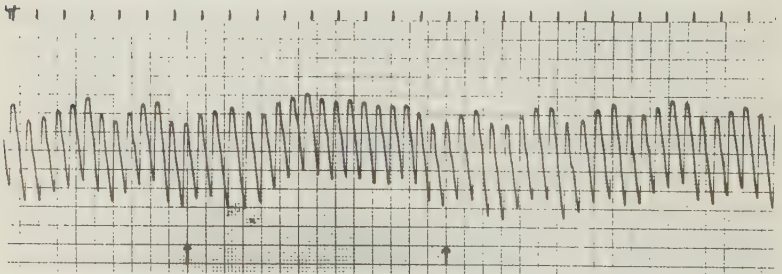


Abb. 12

Gefäßsreaktion mit Abschwächung der Atemschwankungen.
Vp. Nr. 24 6 J. 1 000 Hz sH bei 5 dB, oHvTh bei 10 dB.

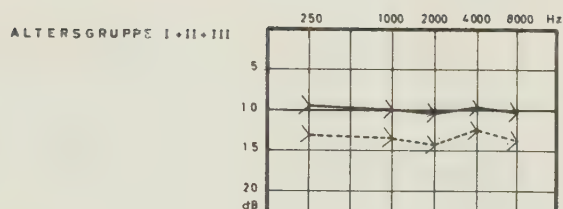
Durch die Untersuchungen erkennt man, welche entscheidende Rolle die Neuheit eines Schallreizes spielt; denn wird ein Schallreiz mit einer bestimmten Frequenz öfter wiederholt, so wird sein Einfluss auf die Volumenpulscurve weniger deutlich oder bleibt sogar ganz aus. Deshalb ist es sehr wichtig, keine Reize mit gleicher Frequenz aufeinander folgen zu lassen, sondern die Frequenz stets zu wechseln, nach Möglichkeit mit einem grossen Frequenzunterschied. Ähnliche Beobachtungen werden am Ende einer jeden Untersuchung gemacht, erst recht, wenn sich die Untersuchung über einen zu langen Zeitraum erstreckt (über eine halbe Stunde). Auch in diesen Fällen sind die Gefässreaktionen geringer oder können gar nicht mehr ausgelöst werden. Eine zu grosse Erwartungsspannung ist vielleicht auch Ursache für ein schlechteres Ergebnis. So zeigt ein Selbstversuch, mit der Absicht es besonders gut zu machen, dass erst Intensitäten, die 40 bis 50 dB über der subjektiven Hörschwelle liegen, Gefässreaktionen auszulösen vermögen, die dazu noch sehr schwach sind.

Die Untersuchungen von 67 Kindern können für eine statistische Auswertung verwendet werden. Insgesamt werden etwa 1 300 Reize angeboten, wovon fast 1 000 oder 78 % eine Gefässreaktion bewirken (vergl.Tab. 6). Die Sondergruppe mit 16 Kindern hat ein schlechteres Ergebnis: nur etwa 73 % aller gegebenen Schallreize bringen eine Gefässreaktion (vergl.Tab. 5). Bei den 51 Kindern (17 in jeder Altersklasse), bei denen es möglich ist, die subjektive Hörschwelle mit der objektiven vor und nach Verabreichung von Thioridazin zu vergleichen, sind die Resultate besser: 78,6 % aller Schallreize erweisen sich als gefässwirksam (s.Tab.4). Die Altersklasse der Acht- bis Zwölfjährigen (Tab.3) zeigt mit fast 83 % positiven Gefässreaktionen die besten Ergebnisse, während die Altersklasse der Sechs- und Siebenjährigen (Tab. 2) mit 75 % deutlich schlechter abscheidet. Die Vier- und Fünfjährigen (Tab.1) liegen mit fast 78 % positiven Reaktionen dazwischen.

Vergleicht man die Untersuchungen vor und nach Applikation von Thioridazin, so unterscheiden sich die Prozentzahlen der positiven Reaktionen nur um 2 bis 5. In den Altersklassen I und III verschlechtern sich die Ergebnisse nach der Medikation, in der Altersklasse II verbessern sie sich. Ein signifikanter Unterschied lässt sich jedoch bei den üblichen 5 %-Schranken nicht sichern. Wenn man alle drei Altersklassen zusammenfasst, so ergeben sich mit 78,8 % positiver Reaktionen vor Verabreichung von Thioridazin und 78,5 % nach der Applikation fast die gleichen Prozentzahlen. Auch ein Vergleich der Häufigkeiten der positiven Reaktionen bei jedem einzelnen Kind bringt in keinem Fall einen signifikanten Unterschied.

Wie nicht anders zu erwarten, liegen die objektiven Hörschwellen stets über den subjektiven. Errechnete man den Mittelwert aller objektiven Hörschwellen der 51 Kinder, so liegt er 11,4 bis 12,2 dB über dem Mittelwert aller subjektiven Hörschwellen (s.Tab.4). Auffallend ist, dass Reize mit einer Frequenz von 250 Hz das beste Ergebnis haben. Ihre Intensität braucht nur 11,4 dB über dem subjektiven Hörschwellenwert zu liegen, um eine Gefäßreaktion auszulösen. Reize mit einer Frequenz von 2 000 Hz schneiden am schlechtesten ab. Hier muss die Lautstärke gegenüber der subjektiven Hörschwelle um 12,2 dB erhöht werden, damit der Reiz wirksam wird. Das bessere Ergebnis bei 250 Hz kann vielleicht damit erklärt werden, dass bei dieser Frequenz auch taktile Empfindungen wirksam werden.

Die Differenz beider objektiven Hörschwellen (vor und nach Verabreichung von Thioridazin) beträgt 3 bis 4 dB (s.Abb.13 u. Tab.4). Der Unterschied ist bei 0,5 % - Schranken statistisch nach dem WILCOXON-Test gesichert. Auch hier zeigt es sich, dass die objektiven Hörschwellenwerte der Frequenz 250 Hz den subjektiven Werten näher kommen, sowohl vor als auch nach der Thioridazingabe; die objektiven Werte der Frequenz 2 000 Hz entfernen sich von den subjektiven Werten am weitesten.



>——> OBJEKT. HÖRSCHWELLE
 >----> OBJEKT. HÖRSCHWELLE
 NACH THIORIDAZIN-GABE
 (IN dB ÜBER DER SUB-
 JEKTIVEN HÖRSCHWELLE)

Abb. 13

Objektive Hörschwelle vor und nach Thioridazingabe
 (0 dB = subjektive Hörschwelle)

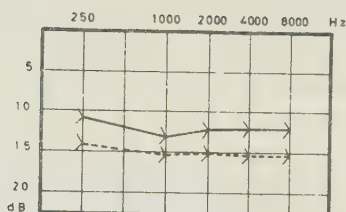
Die Nachschwankungen werden nach Verabreichung von Thioridazin seltener, die Senkung der Volumenpulscurve unter ihre Basislinie bei der Gefässreaktion fehlt häufiger. Da diese beiden Kurvencharakteristika bei sehr deutlichen Gefässreaktionen relativ häufiger vorkommen, kann man an der Abnahme der Anzahl der Nachschwankungen, dem häufigeren Ausbleiben der Senkung unter die Basislinie und auch an dem geringeren Ausmass der Amplitudenverkleinerung, die auch nachzuweisen ist, erkennen, dass die Schallreize nach Thioridazingabe weniger wirksam sind.

Werden die drei Altersklassen unter-einander verglichen, so zeigt sich, dass die Differenz zwischen den beiden objektiven Hörschwellen und der subjektiven bei der Altersklasse II am kleinsten und bei der Altersklasse I am grössten ist. Dasselbe erkennt man bei einem Vergleich der objektiven Hörschwellen vor und nach Medikation von Thioridazin mit der subjektiven Hörschwelle. Dagegen ist die Differenz der beiden objektiven Hörschwellen bei der Altersklasse III am grössten und bei der Altersklasse I am kleinsten. Die Unterschiede bei der Altersklasse II wie bei der Altersklasse III sind nach dem WILCOXON-Test bei 5 % - Schranken signifikant. Bei der Altersklasse II ist der Unterschied nur bei 10 % - Schranken gesichert.

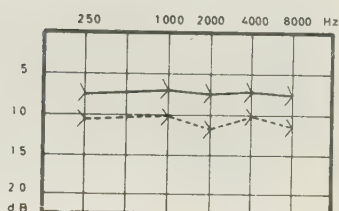
In den beiden objektiven Hörschwellen zeigt bei der Altersklasse I die Frequenz 250 Hz die günstigsten Ergebnisse, bei der Altersklasse III die Frequenz 1 000 Hz. Am ungünstigsten schneidet bei der Altersklasse I die Frequenz 1 000 Hz ab; bei der Altersklasse III ist dies die Frequenz 2 000 Hz. Bei der Altersklasse II lässt sich über die Frequenzen nichts derartiges sagen (s. Abb. 14 u. Tab. 1 - 3).

Da ein Vergleich der Ergebnisse in den einzelnen Frequenzen nur geringe Unterschiede zeigt, die dazu in den drei Altersklassen nicht einmal einheitlich verlaufen, muss man vorläufig annehmen, dass die Unterschiede der einzelnen Frequenzen rein zufällig sind bzw. die Anzahl der Kinder in den drei Altersklassen, nämlich 17 Kinder, zu gering ist, um die Ergebnisse der einzelnen Frequenzen statistisch untermauern zu können.

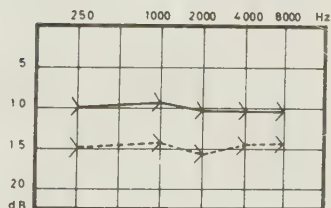
ALTERSGRUPPE I



ALTERSGRUPPE II



ALTERSGRUPPE III



>——> OBJEKT. HÖRSCHWELLE
 >----> OBJEKT. HÖRSCHWELLE
 NACH THIORIDAZIN-GABE
 (IN dB ÜBER DER SUB-
 JEKTIVEN HÖRSCHWELLE)

Abb. 14

Objektive Hörschwellen vor und nach Thioridazingabe der einzelnen Altersgruppen.
 (0 dB = subjektive Hörschwelle)

Die Wirkung des Thioridazin ist nur schwer zu beurteilen. Es fällt auf, dass sich die Mehrzahl der Vier- und Fünfjährigen, die Hälfte der Acht- bis Zwölfjährigen und einige der Sechs- und Siebenjährigen subjektiv schläfriger fühlen oder dem Untersucher einen müderen Eindruck machen. Die Kinder sind meist ruhiger, was sich auf die Untersuchung günstig auswirkt. - Die Atemschwankungen werden zum Teil gedämpft, manchmal sogar so deutlich, dass erst nach Thioridazingabe eine objektive

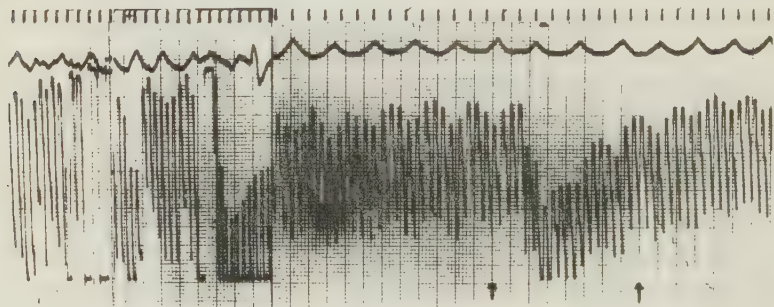


Abb. 15

Wirkung von Thioridazin: Versuchsperson ruhiger
Links: vor Thioridazingabe ist die Versuchsperson sehr unruhig; eine objektive Hörschwelle kann nicht bestimmt werden.
Rechts: nach Thioridazingabe ist die Versuchsperson ruhig, so dass eine objektive Hörschwelle bestimmt werden kann.
Vp.Nr.80 4 J. 4000 Hz sH bei 20 dB, oHnTh bei 35 dB

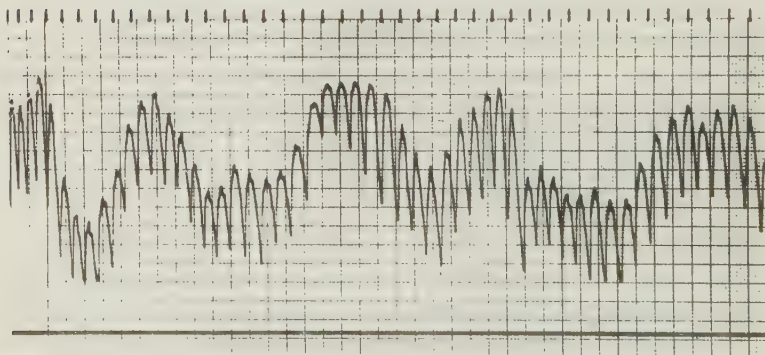


Abb. 16a

Wegen starker Atemschwankungen kann eine objektive Hörschwelle nicht bestimmt werden.
Vp. Nr. 76 9 J.

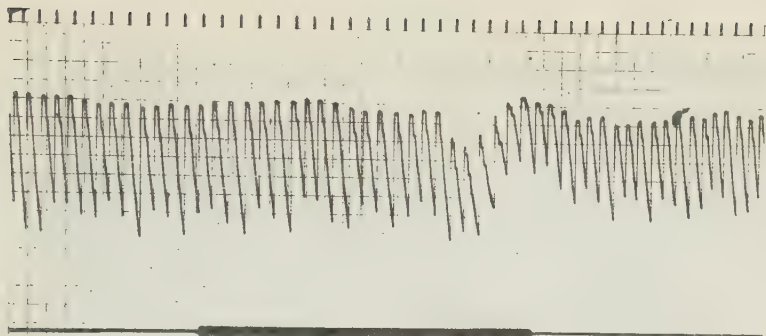


Abb. 16 b

Wirkung von Thioridazin: die Atemschwankungen bei derselben Versuchsperson wie Abb. 16a sind viel geringer, so dass eine objektive Hörschwelle bestimmt werden kann.

Vp. Nr. 76 9 J. 8 000 Hz sH bei 30 dB, oHnTh bei 50 dB

Hörschwelle bestimmt werden kann. Oft bleiben die Atemschwankungen jedoch unbeeinflusst. Eine Verstärkung tritt dagegen nur in einigen wenigen Fällen auf. - Bei 26 Kindern kann eine Zunahme, bei 16 Kindern eine Abnahme der Herzfrequenz beobachtet werden. Im Durchschnitt nimmt die Herzfrequenz in der Altersklasse I um 1,24, in der Altersklasse II um 2,65 und in der Altersklasse III um 4,24 Schläge in der Minute zu. Die Unterschiede lassen sich bei den Altersklassen I und II statistisch nicht sichern. Bei der Altersklasse III ist der Unterschied signifikant bei 10 % - Schranken. Fasst man alle drei Altersklassen zusammen, so ergibt sich eine Herzfrequenzzunahme von 2,7 Schlägen pro Minute mit einer Signifikanz bei 10 % - Schranken (WILCOXON-Test).

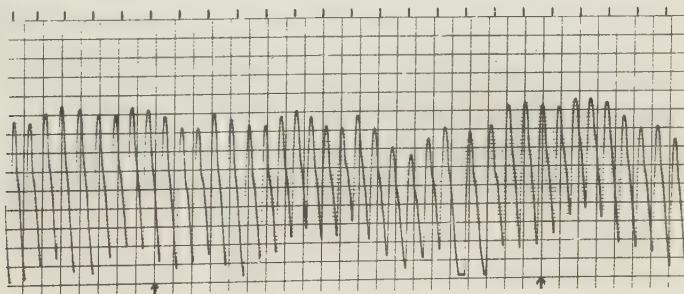


Abb. 17a

Vp. Nr. 50 5 J 8 000 Hz sH bei 20 dB, oHnTh bei 35 dB

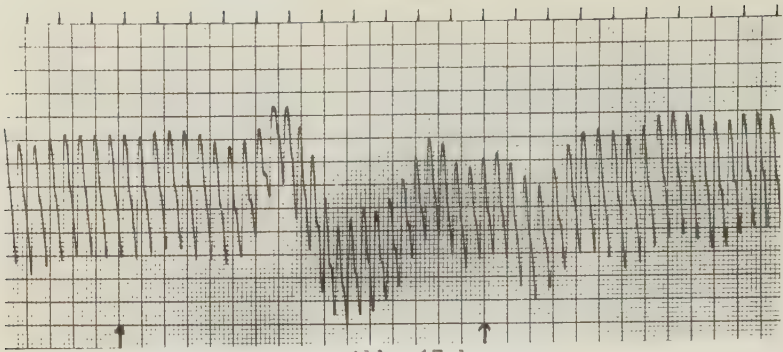


Abb. 17 b

Wirkung von Thioridazin: bei derselben Versuchsperson wie Abb. 17a ist die Gefäßreaktion nach Thioridazingabe deutlicher, obwohl die Intensität des Reizes nicht verstärkt wurde.

Vp. Nr. 50 5 J. 8 000 Hz sH bei 20 dB, oHvTh und
oHnTh bei 35 dB

Die Gefäßreaktionen, die durch die akustischen Reize ausgelöst werden, sind nach der Verabreichung von Thioridazin oft weniger ausgeprägt. Die Senkungen der Volumenpulscurve unter ihre Basislinie

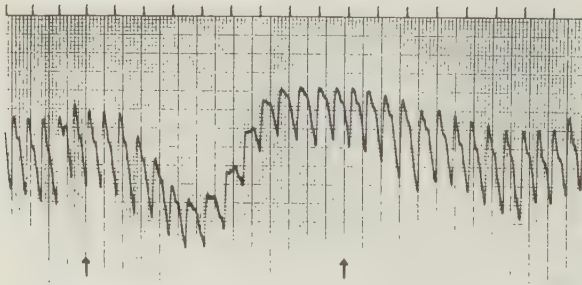


Abb. 18 a

Vp. Nr. 62 6 J. 8 000 Hz sH bei 25 dB, oHvTh bei 35 dB

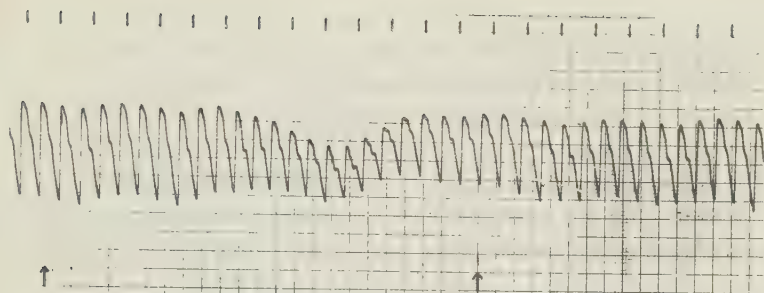


Abb. 18 b

Wirkung von Thioridazin: bei derselben Versuchsperson wie Abb. 18a ist die Gefäßreaktion weniger deutlich als vor der Thioridazingabe.

Vp. Nr. 62 6 J. 8 000 Hz sH bei 25 dB, oHvTh und
oHnTh bei 35 dB.

und die Nachschwankungen nehmen ab. Dies sind alles Zeichen dafür, dass die Schallreize nach Thioridazingabe weniger wirksam werden.

Die Dosierung des Thioridazin scheint bei der Altersklasse II am günstigsten zu sein: nur einige wenige Kinder sind schläfriger, und der Prozentsatz der positiven Reize nimmt zu. Dagegen machen die meisten Kinder der Altersklassen I und III einen müderen Eindruck, und die Anzahl der positiven Reaktionen nimmt ab.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch die Wirkung des Thioridazin die Kinder ruhiger sind. Der Prozentsatz aller positiven Reaktionen lässt sich nicht erhöhen, obwohl die Intensitäten der Schallreize verstärkt werden. Eher werden die Gefäßreaktionen durch Thioridazinwirkung abgeschwächt oder sogar ganz unterdrückt, besonders dann, wenn die Intensität nicht oder zu gering erhöht wird. Lediglich in der Altersklasse II lassen sich die Ergebnisse verbessern, allerdings auch nur bei einer Intensitätserhöhung.

Thioridazin zeigt auf die verschiedenen Frequenzen nur gering unterschiedliche Einwirkungen; denn bis auf sehr kleine Abweichungen müssen die Intensitäten gleichmässig erhöht werden. Das etwas verwirrende Bild bei der Betrachtung der einzelnen Altersklassen klärt sich, wenn man die Altersklassen zusammenfasst. Nun erkennt man, dass bei dieser Art objektiver Audiometrie die objektive Hörschwelle vor Applikation von Thioridazin bei allen Frequenzen gleichmässig um etwa 10 dB über der subjektiven Hörschwelle liegt. Die objektive Hörschwelle nach Verabreichung von Thioridazin liegt gleichmässig noch etwa 4 dB höher. So muss man sagen, dass die divergierenden Ergebnisse in den drei Altersklassen wahrscheinlich weniger auf der Untersuchungsmethode und auf Einwirkung durch Thioridazin beruhen als auf der für statistische Untersuchungen zu kleinen Zahl von 17 Versuchspersonen je Altersklasse.

Zur Anwendung von Thioridazin ist allgemein folgendes zu sagen:

kann eine Untersuchung ohne Verabreichung von Thioridazin durchgeführt werden, so sollte man dies auch tun. Ist ein Kind jedoch zu unruhig oder treten zu starke Atemschwankungen auf, so kann eine Anwendung von Thioridazin die Untersuchung im Einzelfall ermöglichen oder sogar verbessern.

E. Zusammenfassung.

Die Aufgabe dieser Arbeit war es zu untersuchen, ob bei vier- bis zwölfjährigen Kindern durch Volumenpulsänderungen nach schwelennahen Schwebungsklängen eine objektive Hörschwelle bestimmt werden kann oder nicht, und welchen Einfluss Thioridazin auf diese Hörprüfungsmethode besitzt.

Nach Erörterung der Probleme, die sich bei der objektiven und subjektiven Kinderaudiometrie ergeben, folgt die Besprechung der Literatur über die Wirkung von Affekten auf verschiedene Körperfunktionen und von Hörreizen auf den Kreislauf. Die objektive Hörschwelle durch den Nachweis von Volumenpulsänderungen nach Schwebungsklängen kommt dem Ergebnis der üblichen Tonaudiometrie sehr nahe. Schwebungsklänge werden durch Mischen zweier Sinustöne erzeugt. Daher sind sie in ihrer frequenzmässigen Zusammensetzung genau zu definieren und lösen wegen der guten affektiven Wirkung schon schwelennah auch nach mehrfacher Wiederholung Vaskonstriktionen am Finger aus, wenn sie genügend bewusst werden. Unter den Methoden zur Registrierung von Volumen- und Durchblutungsänderungen wird die Rheographie ausführlicher geschildert.

Die Schwebungsklänge, deren Intensität sich in Dezibelstufen variieren lässt, hört das Kind in einem schallarmen, nur durch eine kleine Lampe erleuchteten Raum über Kopfhörer. Der Untersucher und alle Versuchsapparate befinden sich in einem anderen Raum. Bei Anwendung der neu entwickelten Elektrodenmanschette passen sich die Elektroden so gut dem Kinderfinger an, dass Volumenpulsänderungen auf einen Rheographen störungsfrei übertragen werden können. Sie sind den Spannungsänderungen am Ausgang des Rheographen proportional und lassen sich zusammen mit der Atemkurve durch einen Direktschreiber leicht registrieren.

Nach Anfertigung eines üblichen Tonschwellenaudiogramms werden als Reize die Frequenzen von 1 000, 8 000, 2 000, 250 und 4 000 Hz angeboten und mit Hilfe eines Plethysmogramms eine objektive Hörschwelle bestimmt; bei dieser Reihenfolge der Klänge ist der Frequenzabstand am grössten, so dass sich Ermüdungserscheinungen des "Reflexes" verringern. Jede Frequenz wird zehn bis zwanzig Sekunden angeboten. Das Intervall zwischen zwei Frequenzen soll etwa eine Minute betragen, und die Versuchsdauer dreissig Minuten nicht wesentlich überschreiten.

Bei der Registrierung der Volumenpulskurve müssen die Versuchspersonen vollkommen ruhig liegen. Um diese Ruhigstellung bei Kindern sicher zu erzielen, wurde die Wirkung des Phenothiazinderivats Thioridazin auf diese plethysmographische objektive Hörprüfmethode untersucht. Thioridazin wirkt dämpfend auf die Motorik, ohne das Bewusstsein wesentlich zu beeinflussen.

Die Versuchsergebnisse zeigten, dass von 100 angebotenen Reizen etwa 78 mit einer Gefässreaktion beantwortet wurden. Die Acht- bis Zwölfjährigen hatten mit 84 % positiven Gefässreaktionen die besten, die Sechs- und Siebenjährigen mit 73 % die schlechteren Ergebnisse. Nach Thioridazingabe verschlechterten sich die Resultate nur geringfügig, bei den Sechs- und Siebenjährigen verbesserten sie sich sogar. Die objektive Hörschwelle lag vor Thioridazingabe etwa 10 dB, nach Thioridazingabe etwa 14 dB über der subjektiven Audiometerhörschwelle. Unterschiede in den Frequenzen liessen sich statistisch nicht sichern.

Nach Thioridazingabe waren die Kinder ruhiger, Atemschwan-
kungen seltener, die Herzfrequenz nahm gering zu. Die Gefässreaktionen waren oft weniger eindrucksvoll, obwohl die Intensität der Schallreize meist erhöht wurde. Auch waren die Amplitudenverkleinerungen nicht so ausgeprägt und das Absinken der Volumenpulskurve unter die Basislinie sowie das Auftreten von Nachschwankungen seltener.

Mit Hilfe von Volumenpulsänderungen nach Schwebungsklängen lässt sich demnach eine objektive Hörschwelle bestimmen, die etwa 10 dB über der subjektiven Tonhörschwelle liegt. Nur bei Unruhe und starken Atemschwankungen des Kindes sollte Thioridazin Verwendung finden. Die nach Thioridazingabe bestimmte objektive Hörschwelle liegt etwa 14 dB über der subjektiven.

F. Literaturverzeichnis.

- ALBRECHT, W.: Die Trennung der nicht organischen von der organischen Hörstörung mit Hilfe des psychogalvanischen Reflexes. Arch.Ohr.-, Nas.- u.Kehlk.-Heilk. 101, 1 (1918).
- BAUMANN, E.: Neuroplegica in der inneren Medizin unter bes. Berücksichtigung des Phasiein. Med.Klin. 54, 170 (1959).
- BECKMANN, G.: Das hörgestörte Kind. Arch.Ohr.-, Nas.- u.Kehlk.-Heilk. 180, 1 (1962).
- BETZ, E. u. HENSEL, H.: Fortlaufende Registrierung der lokalen Durchblutung im Inneren des Gehirns bei wachen, frei beweglichen Tieren. Pflügers Arch.ges.Physiol. 274, 608 (1962).
- BORDLEY, J. E. u. HARDY, W. G.: Evaluation of hearing in young children. Acta oto-laryng. (Stockh.) 40, 346 (1951/52).
- BRECHT, K. u. BOUCKE, H.: Die infratonosillographie, eine neue Methode zur Kontrolle der peripheren Durchblutung. Klin.Wsch. 31, 1051 (1953).
- BRINKMAN u. ZIJSTRA: zit. bei KAINDL, F.
- DARROW, C. W., VIETH, R. N. u. WILSON, J.: Elektroencephalographische Blockierung und Adaptation. Science 126, 74 (1957) zit. bei KOTTMEYER, G.
- EWING, I. R. u. EWING, A. W. G.: zit. bei BECKMANN, G.
- GEIGY, J. R.: Documenta Geigy, wissenschaftliche Tabellen, Basel 1962.
- GILDEMEISTER, M.: Der galvanische Hautreflex. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie von BETHE-BERGMANN-EMBDEN-ELLINGER 8, 775 (1928).
- GOETZ, R. H.: Der Fingerplethysmograph als Mittel zur Untersuchung der Regulationsmechanismen in peripheren Gefäßgebieten. Pflügers Arch.ges.Physiol. 235, 271 (1935).
- GOLENHOFEN, K. u. HILDEBRANDT, G.: Psychische Einflüsse auf die Muskeldurchblutung. Pflügers Arch.ges.Physiol. 263, 637 (1957).
- GOLENHOFEN, K. u. HILDEBRANDT, G.: Über spontan-rhythmische Schwankungen der Muskeldurchblutung des Menschen. Z.Kreisl.-Forsch. 46, 257 (1957).
- HAHLBROCK, K. H.: Die audiometrische Prüfung des akustischen Lidreflexes. Arch.Ohr.-, Nas.- u.Kehlk.-Heilk. 174, 139 (1959).
- HAUSCHILD, F.: Pharmakologie u. Grundlagen der Toxikologie. Leipzig. (1960).

- HEEGER, H., POLZER, K. u. SCHUHFRIED, F.: Rheocardiographie u. Rheographie. Elektro-Medizin 4, 3 (1959).
- HELMHOLTZ, H. v.: Die Lehre von den Tonempfindungen 4. Aufl. Braunschweig. (1877) S. 320 u. 335.
- HELSMORTELL jr., J. u. NYSSSEN, R.: Die Plethysmographie bei der Hörprüfung. J. Neurol. (Brux.) 30, 47 (1930) zit. bei KOTTMEYER.
- HENRYSSON, HASELOFF, HOFFMANN: Kleines Lehrbuch der Statistik. Berlin. (1960)
- HENSEL, H. u. BENDER, F.: Fortlaufende Bestimmung der Hautdurchblutung mit thermischen Methoden. Pflügers Arch. ges. Physiol. 263, 603 (1956).
- HENSEL, H. u. RUEF, J.: Fortlaufende Registrierung der Muskel-durchblutung am Menschen mit einer Calorimetersonde. Pflügers Arch. ges. Physiol. 259, 267 (1954).
- HERTZMAN, G., RANDALL, F. and JOCHIM, A.: The estimation of the contaneous blood flow with the photoelectric plethysmograph. Amer. J. Physiol. 145, 716 (1946).
- HIPPIUS, H.: Phenothiazin-Derivate u. verwandte Verbindungen. Internist 1, 453 (1960).
- JACOBS, R.: Zur Therapie mit Melleretten in einem Pädopsychiatrischen Krankenhaus. Med. Welt 25, 1427 (1962).
- JAMES, W.: zit. bei KOTTMEYER.
- KAINDL, F., POLZER, K. u. SCHUHFRIED, F.: Rheographie, eine Methode zur Beurteilung peripherer Gefäße. Darmstadt. (1959).
- KIESOW, W.: Versuche mit MOSSOs Sphygmomanometer über die durch psychische Erregung hervorgerufenen Veränderungen des Blutdrucks beim Menschen. Wundt. Philosoph. Studien 11, 376 (1895) zit. bei KOTTMEYER.
- KOTTMEYER, G.: Die Möglichkeiten objektiver Höruntersuchungen. Dtsch. med. J. 11. Jg. 5. Heft (1960).
- KOTTMEYER, G.: Plethysmographische Untersuchungen nach schwelennahen sensorischen und sensiblen Reizen. Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 177, 297 (1961).
- KRETSCHMER, E.: Medizinische Psychologie. Stuttgart. (1950) S. 61
- LANGE, C.: Über Gemütsbewegungen. 1885. Deutsche Übersetzung 1887 zit. bei KOTTMEYER.
- LEHMANN, G. u. MEYER-DELIUS, J.: Gefäßreaktionen der Körperperipherie bei Schalleindrücken. Westdeutscher Verlag Köln u. Opladen. zit. bei KOTTMEYER.

- MATTHES, K.: Kreislaufuntersuchungen am Menschen mit fortlaufend registrierenden Methoden. Stuttgart 1951.
- MAYER, K.: Thioridazinmedikation und Fahrtüchtigkeit. Med.exp. 5, 186 (1961).
- MENTZ, P.: Die Wirkung akustischer Sinnesreizung auf Puls und Atmung. Wundt.Philosoph.Studien 11, 61 (1859) zit. bei KOTTMAYER.
- NIEVEEN u.Mitarb.: zit. bei KAINDL.
- OPITZ, K.: Wirkungen psychotroper Substanzen auf den Stoffwechsel. Arzneim.-Forsch. 12, 333 (1962).
- REIN-SCHNEIDER: Einführung in die Physiologie des Menschen. 12.Aufl. Köln 1956.
- RENTSCH, M.: Klinische Erfahrungen mit Thioridazin in der Pädiatrie. Méd.et Hyg. (Genève) 18, 140 (1960).
- ROSENAU, H.: Beitrag zur Reflexaudiometrie. Arch.Ohr.-, Nas.-u.Kehlk.-Heilk. 178, 476 (1961).
- SCHULZ, E.: Der Lichtreiz bei der psychogalvanischen Reflexaudiometrie. Arch.Ohr.-, Nas.-Kehlk.-Heilk. 172, 553 (1958).
- SNIJDERS, J.Th.u.SNIJDERS-OEMEN, N.: Sprachfreie Tests für Taubstumme. N.Bl.Tbst.-bild. 12, 18 (1958) zit. bei BECKMANN, G.
- STUMPF, C.: Tonpsychologie. Leipzig 1890 S.480.
- TAESCHLER, M.u.CERLETTI, A.: Zur Pharmakologie von Thioridazin, Melleril. Schweiz.med.Wschr. 88, 1216 (1958).
- TARCHANOFF, J.: Über die galvanischen Erscheinungen in der Haut des Menschen bei Reizung der Sinnesorgane und bei verschiedenen Formen der psychischen Tätigkeit. Pflügers Arch.ges.Physiol. 46, 46 (1890).
- WEBER, E.: Der Einfluss psychischer Vorgänge auf den Körper. Berlin 1910 zit. bei KOTTMAYER.
- WEDENBERG, E.: Auditory tests on new-born infants. Acta otolaryng. (Stockh.) 46, 446 (1956).
- WHITNEY, R.J.: The measurement of changes in human limb volume by means of a mercury-in-rubber strain gage. J.Physiol.(Lond.) 109, 5 (1949).
- WITTKOWER, E.: Einfluss der Gemütsbewegungen auf den Körper. Wien, Leipzig 1937.
- WUNDT, W.: Grundzüge der physiologischen Psychologie. Leipzig 1893.

Herrn Professor Dr.J.Berendes, Direktor
der Universitätsklinik für Hals-, Nasen-
und Ohrenkranke, danke ich, dass ich an
seiner Klinik habe arbeiten dürfen.

Abschliessend möchte ich Herrn Dozent
Dr. G. Kottmeyer für die Überlassung des Themas
und die freundliche Hilfe bei der Durchführung
der Höruntersuchungen und bei der Abfassung
der Dissertation danken.

Lebenslauf.

Am 10. Juni 1939 wurde ich als Sohn des praktischen Arztes Dr. med. Bruno Wandel in Steinau/Oder (Schlesien) geboren. Anfang 1945 musste ich meine Heimat vor der heranrückenden russischen Armee verlassen. Eine neue Heimat fand ich in Hessen, zunächst in Bensheim a.d.B.. Nach dem Besuch der Volksschulen in Bensheim-Schönberg, Ebersbach/S., Biebesheim/Rh. und der Odenwaldschule in Ober-Hambach wurde ich an Ostern 1949 in die Sexta des Realgymnasiums in Gernsheim/Rh. aufgenommen. Doch nach einem halben Jahr wurde ich in das humanistische Gymnasium in Bensheim a.d.B. umgeschult. Ab Ostern 1951 besuchte ich das altsprachliche Gymnasium in Darmstadt, wo ich am 3.3.1958 die Reifeprüfung ablegte. Mein Medizinstudium begann ich an der Universität Mainz, wo ich am 3. März 1959 die naturwissenschaftliche und am 27. Oktober 1960 die ärztliche Vorprüfung bestand. Mein klinisches Studium absolvierte ich an der Universität des Saarlandes in Homburg/Saar, an der Universität Basel und zuletzt an der Universität in Marburg/Lahn, wo ich am 20. April 1964 das medizinische Staatsexamen ablegte. Meine Medizinalassistentenzeit begann ich an der Universitäts Hals-Nasen-Ohren-Klinik in Marburg/Lahn. Zur Zeit bin ich an der chirurgischen Klinik des Elisabethenstiftes in Darmstadt tätig.

Marburg/Lahn, Oktober 1964.


(Edgar Wandel)

Meine akademischen Lehrer waren die Professoren und Dozenten:

an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz:

Armbruster, Bässler, Berg, Dabelow, Esser,
Falkenburger, Graser, Heischkel-Artelt, Höhn,
Holzamer, Kern, Klages, Klug, Kreienberg,
Lang, Lorenz, Lossen, Mislin, Nöll v.d.Nahmer,
Schriever, Siebert, Strassmann, Wagner, Watzka,
Wellek;

an der Universität des Saarlandes in Homburg/Saar:

Bette, Doenecke, Leppla, Limburg, Loew, Lüdeke,
Meyer, Müting, Presser, Rotter, Schmitt, Siegel,
Zimmermann;

an der Universität in Basel/Schweiz:

Berger, Bucher, Lüscher, Nissen, Pfaltz,
Scheidegger, Staub, Wenner, Werthemann;

an der Philipps-Universität in Marburg/Lahn:

Berendes, Bock, Braun-Falco, Dittrich, Exner,
Förster, Gedigk, Grabowsky, Grüter, Hamm,
Hartmann, Heuser, Hornung, Huber, Jacob,
Kottmeyer, Linneweh, Löhr, Lübbers, v.Manger-König,
Marx, Maurath, du Mesnil de Rochemont, Neubauer,
Niessing, Oehme, Oehmig, Rodeck, Schmid,
Schölmerich, Schrappe, Schwaiger, Siegert,
Siess, Straub, Streicher, Wegerle, Würterle.

